

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilní

Katedra textilní chemie	Školní rok: 2009/2010
-------------------------	-----------------------



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vliv laserového ozařování na bavlněnou textilii

Effect of laser irradiation on cotton textile

Kristýna Rusinová	Liberec 2010
-------------------	--------------

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vypracovala: **Kristýna Rusinová**

Studijní program: **M3106 – Textilní inženýrství**

Obor: **Chemická technologie textilní**

Název tématu: **Vliv laserového ozařování na bavlněnou textili**

Vedoucí diplomové práce: **Doc. Ing. Jakub Wiener, Ph.D.**

Konzultant: **Ing. Marie Štěpánková**

Rozsah průvodní zprávy:

Počet stran 92

Počet příloh 3

Počet stran příloh 15

Počet obrázků 49

Počet tabulek 12

V Liberci dne 03. 01. 2010

Vliv laserového ozařování na bavlněnou textilii

ANOTACE

Tato práce se zabývá analýzou vlastností bavlněných vláken ozářených různými intenzitami laserového záření. Práce je rozdělena na 2 části a to na teoretickou a experimentální. V teoretické části je pojednáno o principu laseru, jeho rozdělení a v neposlední řadě také jeho využití v textilním průmyslu. Dále je zde uvedena teorie o bavlněných vláknech, jejich struktuře a chemickém složení a celý proces barvení kypovými barvivy.

Experimentální část se zabývá praktickým ověřováním jednotlivých vlastností bavlněného vlákna po ozáření laserem. Byly porovnávány změny mechanických, chemických a termických vlastností ozářené bavlny vůči neozářené.

Klíčová slova: Laser, bavlna, mechanické vlastnosti, diferenční skenovací kalorimetrie, rastrovací elektronový mikroskop.

Effect of laser irradiation on cotton textile

ANNOTATION

This thesis deals with the analysis of properties of cotton fibres irradiated by various intensities laser radiation. The thesis is divided into two parts, namely into a theoretical one and an experimental one. In the theoretical part is mentioned about principle of the laser, his division and his employ in textile industry not least. Here is mentioned the theory about cotton fibres, their structure and chemical constitution and whole process of the vat dyeing.

The experimental part deals with practical checking of individual properties of cotton fiber after laser irradiation. Mechanical, chemical and thermic changes of properties were to be confront of irradiated cotton against unarmed.

Key words: Laser, cotton, mechanical properties, differential scanning calorimetry, scanning electron microscope.

Prohlášení o původnosti práce:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně a že jsem uvedla veškerou použitou literaturu.

V Liberci dne: 03. 01. 2010

Kristýna Rusinová

Prohlášení k využívání výsledků DP:

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 o právu autorském zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé diplomové práce a prohlašuji, že **souhlasím** s případným užitím mé diplomové práce (prodej, zapůjčení, kopírování, apod.).

Jsem si vědoma toho, že: užít své diplomové práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše). Diplomová práce je majetkem školy, s diplomovou prací nelze bez svolení školy disponovat.

Beru na vědomí, že po pěti letech si mohu diplomovou práci vyžádat v Univerzitní knihovně Technické univerzity v Liberci, kde bude uložena.

Autor:

Kristýna Rusinová

Podpis:

Datum:

03. 01. 2010

Ráda bych touto cestou poděkovala mému vedoucímu práce Doc. Ing. Jakubovi Wienerovi, PhD za poskytnutou literaturu, za konzultace a veškerou pomoc při psaní mé diplomové práce. Dále chci poděkovat konzultance Ing. Marii Štěpánkové, která mi byla nápomocná při měření a řešení experimentálních problémů. V neposlední řadě bych chtěla poděkovat celé mé rodině a příteli, bez kterých by tato práce nevznikla, za materiální pomoc a psychickou podporu při studiu.

Kristýna Rusinová

Obsah

1	ÚVOD.....	- 0 -
2	LASER	- 2 -
2.1	PRINCIP LASERU	- 2 -
2.1.1	Rezonátor	- 3 -
2.1.2	Aktivní prostředí.....	- 4 -
2.1.3	Příslušenství.....	- 4 -
2.2	ROZDĚLENÍ LASERŮ.....	- 5 -
2.3	TYPY LASERŮ	- 7 -
2.3.1	Excimerové lasery.....	- 8 -
2.3.2	Nd:YAG laser.....	- 8 -
2.3.3	Vysokovýkonové laserové diody.....	- 9 -
2.3.4	Vláknové lasery.....	- 9 -
2.3.5	CO ₂ lasery.....	- 10 -
2.4	POUŽITÍ LASERU	- 11 -
3	VYUŽITÍ LASERU V TEXTILNÍM PRŮMYSLU	- 12 -
3.1	LASEROVÉ ŘEZÁNÍ (V ODDĚLOVACÍM PROCESU)	- 12 -
3.2	LASEROVÉ ŠITÍ	- 13 -
3.3	VZOROVÁNÍ.....	- 14 -
3.4	LASEROVÉ REKLAMNÍ ZNAČENÍ.....	- 14 -
3.5	LASEROVÉ POJENÍ.....	- 16 -
3.6	LASEROVÁ DIFRAKTOGRAFIE A HOLOGRAFIE	- 19 -
3.7	BLEDNUTÍ DENIMOVÝCH TKANIN POMOCÍ LASERU	- 22 -
4	BEZPEČNOSTNÍ RIZIKA	- 24 -
5	BAVLNA	- 25 -
5.1	STRUKTURA BAVLNĚNÉHO VLÁKNA	- 25 -
5.2	ZRALOST VLÁKEN	- 26 -
5.3	CHEMICKÉ SLOŽENÍ BAVLNĚNÉHO VLÁKNA	- 26 -
5.3.1	Charakteristika některých složek vlákna bavlny	- 27 -
5.4	CELULÓZA	- 27 -
5.5	STRUKTURA CELULÓZY	- 28 -
5.6	ZJIŠŤOVÁNÍ POŠKOZENÍ VLÁKEN	- 29 -
6	KYPOVÁ BARVIVA	- 31 -
6.1	TEORIE BARVENÍ	- 32 -
6.2	ZPŮSOBY KYPOVÁNÍ.....	- 34 -
6.2.1	Kypování v matečné kypě.....	- 34 -
6.2.2	Kypování v barvicí lázni	- 35 -
6.3	ZPŮSOBY BARVENÍ	- 36 -
6.4	PRÁNÍ PO BARVENÍ, OXIDACE	- 37 -
6.5	MYDLENÍ A ZÁVĚREČNÉ PRÁNÍ.....	- 38 -
7	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	- 39 -
7.1	POUŽITÝ MATERIÁL	- 39 -
7.2	OZAŘOVÁNÍ BAVLNĚNÉ TEXTILIE LASEREM	- 40 -
7.2.1	Zařízení Marcatex Flexi 150/250.....	- 40 -
7.3	BAVLNA OBARVENÁ KYPOVÝMI BARVIVY VYSTAVENÁ CO ₂ LASERU	- 43 -
7.3.1	Použité chemikálie pro barvení kypovými barvivy.....	- 43 -
7.3.2	Stručná charakteristika použitých chemikálií	- 43 -
7.3.3	Použité přístroje a měřicí zařízení	- 43 -
7.3.4	Barvení.....	- 44 -
7.3.5	Změna barevnosti po aplikaci laserového záření.....	- 48 -
7.3.6	Výsledky měření	- 49 -
7.4	MECHANICKÉ VLASTNOSTI BAVLNĚNÉ TKANINY	- 51 -

7.4.1	Testovací zařízení TiraTest 2300	- 51 -
7.4.2	Výsledky měření	- 52 -
7.5	STANOVENÍ STUPNĚ POŠKOZENÍ BAVLNY	- 56 -
7.5.1	Použité chemikálie pro stanovení měďného čísla	- 56 -
7.5.2	Stručná charakteristika použitých chemikálií	- 56 -
7.5.3	Příprava Fehlingova roztoku	- 57 -
7.5.4	Stanovení měďného čísla	- 57 -
7.5.5	Výsledky měření	- 59 -
7.6	STANOVENÍ PRŮMĚRNÉHO POLYMERACNÍHO STUPNĚ BAVLNY	- 61 -
7.6.1	Použité přístroje pro stanovení PPS	- 61 -
7.6.2	Použité chemikálie pro stanovení PPS	- 62 -
7.6.3	Stručná charakteristika použitých chemikálií	- 62 -
7.6.4	Metoda DIN 54 270 - roztok komplexu vlnanu železitého	- 63 -
7.6.5	Rozpouštění vzorku metodou DIN 54 270	- 63 -
7.6.6	Výsledky měření	- 65 -
7.7	RASTROVACÍ ELEKTRONOVÝ MIKROSKOP	- 66 -
7.7.1	Testovací zařízení	- 66 -
7.7.2	Výsledky měření	- 67 -
7.8	METODA DSC	- 71 -
7.8.1	Testovací zařízení Perkin Elmer	- 71 -
7.8.2	Výsledky měření	- 72 -
8	ZÁVĚR	- 75 -
9	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	- 76 -
10	PŘÍLOHY	- 78 -

1 Úvod

Bavlna je jednou z nejstarších a nejpoužívanějších surovin na světě. Jedná se o přírodní rostlinné vlákno.

Bavlněné vlákno je založeno na bázi celulózy a především díky tomu je obdařeno takovými vlastnostmi, které jsou vhodné jak pro textilní zpracování, tak i pro uživatele.

Povaha povrchu bavlny silně ovlivňuje jeho vlastnosti, například absorpci vody, odraz světla nebo barvení. Povrchové úpravy bavlny lze třídit na postupy chemické a fyzikální. Často se využívají chemické metody, ale nyní jsou dostupné nové technologie, které jsou založené na postupech „přátelských“ k životnímu prostředí.

Laserové technologie mohou vytvářet morfologické změny povrchu bavlny mající za následek změny jejich fyzikálních a chemických vlastností. Mezi nejvýkonnější lasery patří infračervené CO₂ lasery, které při nevhodném výkonu mohou mít za následek vážné poškození teplem. Tento nedostatek může být překonán použitím pulzních CO₂ laserů, snadněji kontrolovatelných než lasery pracující v kontinuálním režimu.

Tato práce je zaměřena na laserové ozařování bavlněné textilie pulzním CO₂ laserem a následné sledování změn vlastností ozářené bavlny.

2 Laser

Slovo LASER bylo vytvořeno z počátečních písmen anglického názvu popisující jeho funkci : Light (světlo) Amplification (zesílení) by Stimulated (vynucené) Emission (vysílání) of Radiation (záření), což znamená zesílení světla s využitím stimulované emise záření.

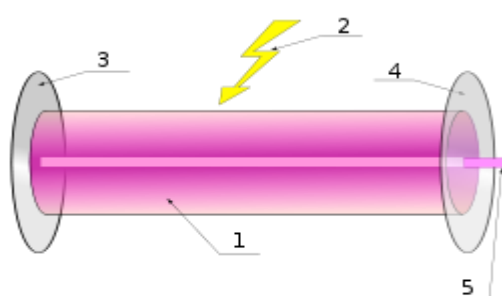
Laser je optický zdroj elektromagnetického záření tj. světla v širším smyslu. Světlo je z laseru vyzařováno ve formě úzkého svazku. Na rozdíl od světla přirozených zdrojů je polarizované, koherentní a monochromatické. Princip laseru využívá zákonů kvantové mechaniky a termodynamiky. [1]

2.1 Princip laseru

Zdrojem energie, který může představovat například výbojka, je do aktivního média dodávána ("pumpována") energie. Ta energeticky vybudí elektrony aktivního prostředí ze základní energetické hladiny do vyšší energetické hladiny, dojde k tzv. excitaci. Takto je do vyšších energetických stavů vybudena většina elektronů aktivního prostředí a vzniká tzv. inverzní populace.

Při opětovném přestupu elektronu na nižší energetickou hladinu dojde k vyzáření (emisi) kvanta energie ve formě fotonů. Tyto fotony následně interagují s dalšími elektrony inverzní populace, čímž spouštějí tzv. stimulovanou emisi fotonů, se stejnou frekvencí a fází, i u nich.

Díky umístění aktivní části laseru do rezonátoru, tvořeného například zrcadly, dochází k odrazu paprsku fotonů a jeho opětovnému průchodu prostředím. To dále podporuje stimulovanou emisi, a tím dochází k exponenciálnímu zesilování toku fotonů. Výsledný světelný paprsek pak opouští tělo laseru průchodem skrze polopropustné zrcadlo. [2]



1. Aktivní prostředí
2. Zdroj záření
3. Odrazné zrcadlo
4. Polopropustné zrcadlo
5. Laserový paprsek

Obr. 1 - Konstrukce laseru [1]

Laser je tvořen aktivním prostředím (1), rezonátorem (3, 4) a zdrojem energie (2).

2.1.1 Rezonátor

Rezonátor je optická dutina vymezená zrcadly. Světlo u většiny laserů opakovaně prochází právě tímto rezonátorem. Existuje řada rezonátorů. Některé mohou být kruhové, jiné tvořené dvěma zrcadly, z nichž jedno je zcela odrazivé a druhé je částečně propustné. Obvykle se používají zrcadla dielektrická, jindy leštěný kov či zlato. Lasery s velkým dostatečným ziskem v aktivním prostředí rezonátor nepotřebují. Tyto lasery pracují superradiačně, což znamená, že záření stačí jediný průchod k získání dostatečné intenzity. Jako příklad takového laseru lze uvést laser dusíkový či měděný. Existuje ještě jeden případ, u kterého se nepoužívá rezonátor a to u zesilovačů.

Zesilovače slouží jen k průchodu zesilování vstupujícího koherentního svazku. Jak již bylo zmíněno, tak některé typy rezonátorů obsahují zrcadla. Tato zrcadla mohou být rovinná, konkávní i konvexní. Stabilita rezonátoru závisí na poloměrech křivosti zrcadel a délce rezonátoru.

2.1.2 Aktivní prostředí

Aktivní prostředí je látka, která obsahuje oddělené kvantové energetické hladiny elektronů.

Tato aktivní látka může být v několika formách. První z nich je plyn nebo směs plynů. Hovoříme o plynových laserech. Další podoba je monokrystal. Zde hladiny vznikají dopováním a o takových laserech mluvíme jako o pevnolátkové. Polovodič s p-n přechodem a organická barva jsou dalšími látkami aktivního prostředí. Polovodičové multivrstvy, jež jsou základem kvantových kaskádních laserů, a volné elektrony jsou posledním typem látky, kterou můžeme najít v aktivním prostředí.

Elektrony mohou přecházet z vyššího do nižšího stavu, při současném vyzáření fotonu, jedním ze dvou mechanismů:

- a) spontánní emise
 - foton se vyzáří samovolně
 - dochází k tomu při nízkém stupni obsazení vyšší hladiny
- b) stimulovaná emise
 - okopíruje se jiný foton procházející atomem
 - při spuštění ve vyšším měřítku je zapotřebí dosáhnout tzv. populační inverze (vyšší hladina je obsazena více elektrony než nižší)

2.1.3 Příslušenství

Mezi příslušenství patří součásti pro optické čerpání aktivního prostředí. Čerpání aktivního prostředí může probíhat za pomoci elektrického proudu, výbojky či chemické reakce. Dále zde můžeme najít chladič, nelineární krystal měnící vlnovou délku nebo součásti na měření výkonu a na kalibraci zařízení. [3]

2.2 Rozdělení laserů

Lasery lze rozdělit podle různých hledisek:

- aktivní prostředí
- vlnových délek optického záření, které vysílají
- typu kvantových přechodů (energetických hladin)
- typu buzení
- časového režimu provozu laseru

Podle skupenství aktivního prostředí se lasery dělí na:

- pevnolátkové
- kapalinové
- plynové (argonové, kryptonové, CO₂, dusíkové, eximerové)
- lasery využívající svazky nabitých částic

- nevýhodou plynových laserů je nutnost složitého chlazení i finanční náročnost

Podle typu kvantových přechodů :

- molekulární
- elektronové
- jaderné

Podle režimu generace laserového svazku se lasery dělí :

- kontinuální (spojitě, nepřetržitě)
- pulsní

Lasery můžeme dělit podle použití na :

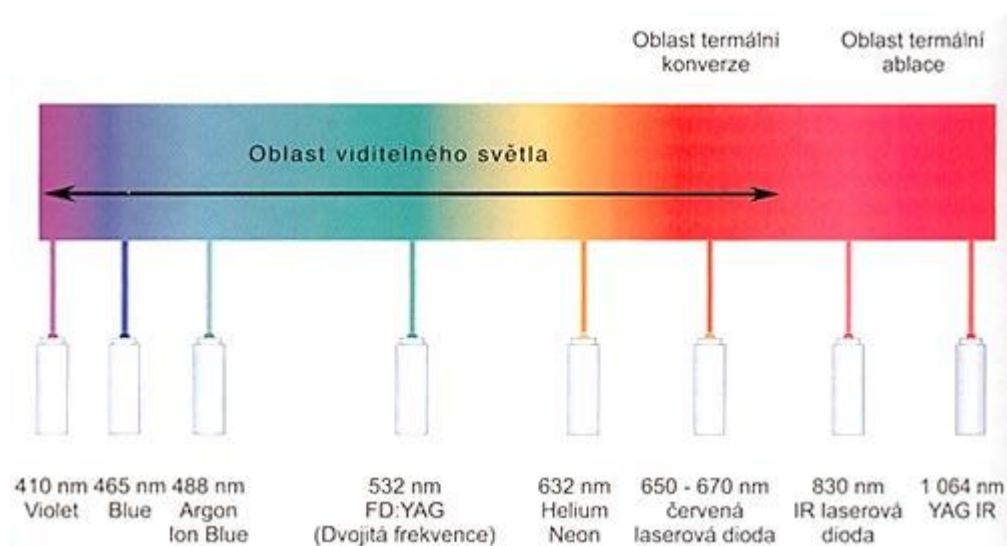
- výzkumné
- měřicí
- lékařské
- technologické
- energetické

Podle vysílajících vlnových délek optického záření :

- infračervené
- lasery v oblasti viditelného světla
- ultrafialové
- rentgenové

Podle délky generovaného impulsu - lasery:

- s dlouhými impulsy
- s krátkými impulsy
- s velmi krátkými impulsy [4]



Obr. 2 - Lasery s emisí záření ve viditelné oblasti světla a NIR [5]

U laserů rozeznáváme tři základní parametry. Tím prvním je vlnová délka (udávaná v nanometrech). Vlnová délka určuje, v jaké části spektra se bude laserový paprsek pohybovat. Vlnová délka je navíc důležitá i pro velikost stopy laseru. Podle vlnové délky se také dělí lasery na termální (IR), u kterých je vlnová délka vyšší než 630 nm, lasery pracující ve viditelném světle (380 - 630 nm) a lasery pracující v UV oblasti (pod 380 nm). Dalšími dvěma parametry určujícími kvalitu laseru jsou pak výkon a v neposlední řadě životnost.

Laserovým paprskem v současnosti s nejnižší vlnovou délkou v oblasti viditelného spektra je fialový laser (violet, 395 - 410 nm). Jde o laserovou diodu s velmi nízkou energetickou náročností (asi 5 mW). Druhou laserovou diodou s velmi nízkou vl-

novou délkou a podobnou energetickou náročností je modrý laser (blue, 465 nm). Oba tyto druhy jsou žhavými favority v oblasti viditelného spektra.

Nejnižší vlnovou délku mezi plynovými lasery má argonový laser (Argon Ion Blue 488 nm). Jedním z nejběžněji používaných laserů je krystalový Nd:YAG laser se zdvojenou frekvencí o vlnové délce 532 nm s energetickou náročností okolo 100 mW. Tento typ laseru využívá většina výrobců, mezi nimi například Agfa, Cymbolic Sciences a Purup Eskofot. Dalším používaným laserem je plynový 632 Helium Neon laser.

Na vlnové délce 650 nm začíná skupina červených laserových diod, emitujících fotony vlnových délek 650, 670, 680 nebo 780 nm. Pro CtP systémy s vnějším válcem se pak používají výkonné laserové diody s vlnovou délkou 830 a 870 nm. Zařízení s vnitřním válcem používají hlavně Nd:YAG lasery s vlnovou délkou 1 064 nm. [5]

2.3 Typy laserů

Existuje řada laserů, mají různé tvary, parametry, funkce a použitelnost. Podle typu laseru se rozhodne, jaký je vhodný pro danou technologickou operaci. Výkon laserového záření je z hlediska technologických aplikací rozhodující. Předpokládaná hodnota by měla ležet mezi 1 až 30 kW středního výkonu v kontinuálním režimu.

Vlnová délka laserového záření je dalším důležitým faktorem. Čím je kratší, tím lze dosáhnout vyšší přesnosti, přičemž tato přesnost je nepřímo úměrná kvadrátu vlnové délky. Z toho vyplývá, že je důležité používat lasery s co nejkratší vlnovou délkou emitovaného záření.

Divergence neboli rozbíhavost laserového svazku ovlivňuje jak dobře lze laserový svazek fokusovat optickým systémem. Existují dva druhy: jednomódové a mnohamódové svazky. U jednomódového lze laserové záření fokusovat do bodu srovnatelného s vlnovou délkou záření. Naproti tomu u mnohamódového svazku je při použití stejné optiky minimální rozměr bodu mnohonásobně větší. Proto i zde je snaha používat lasery s co nejmenší divergencí svazku.

Účinnost patří mezi důležitá hlediska z ekonomického směru. Je stejně tak důležitá jako pořizovací cena stroje a náklady na jeho údržbu. Primárním zdrojem energie je elektrický proud. Z tohoto důvodu je důležité používat lasery s vysokým poměrem elek-

trického napájecího výkonu k výkonu užitečného laserového záření. Jako rozumné minimum je považován poměr přibližně 20 %.

V dnešní době musí moderní průmyslová zařízení splňovat mnoho bezpečnostních a ekologických kritérií. V celku lasery pomáhají ke zlepšení ekologických podmínek provozu, ale na druhé straně je laserové záření nebezpečné lidskému zdraví a to především zraku.

2.3.1 Excimerové lasery

Patří mezi plynové pulsní lasery, jejichž pracovní náplň tvoří směs halogenidů a vzácných plynů (např. Krypton - Fluor, Argon - Fluor). Aktivní prostředí je buzeno elektrickým výbojem. Hlavní důvod proč se tyto lasery používají, je velmi krátká vlnová délka (150 - 248 nm). Ta umožňuje pracovat s přesností ve zlomcích mikrometrů. Energie impulsů dosahuje jednotky až desítky joulů a střední výkon bývá maximálně stovky wattů. Dokonce i účinnost je relativně dobrá (dosahuje až 10 %). Avšak i zde najdeme velké nevýhody, mezi něž patří složitá údržba a velmi nákladný provoz. [6]

2.3.2 Nd:YAG laser

Tento typ laseru patří mezi pevnolátkové iontové lasery. Pro tento typ laseru je použito aktivní prostředí Nd: YAG krystal (itrium-aluminium granát dopovaný neodymem Nd^{3+}). Nd:YAG laser patří mezi nejpoužívanější pevnolátkové lasery. Generuje za pokojové teploty v impulsním i kontinuálním režimu na vlnové délce 1064 nm. Při této vlnové délce v kontinuálním režimu dosahuje maximální výkon od stovek do tisíců wattů. V impulsním režimu dosahuje energie pulsů do desítek joulů. Mezi hlavní výhody tohoto laseru patří použití aktivního prostředí. Krystalická látka je velmi stabilní, vyniká vysokou hustotou energie a akumulací schopností, která umožňuje generovat krátké vysokovýkonové pulsy. Údržba se omezuje jen na výměnu čerpacích výbojek. Jako další výhodu si můžeme uvést kratší vlnovou délku. Každé zařízení má jak výhody, tak nevýhody. Mezi nevýhody patří relativně nízká účinnost (ta se pohybuje v rozmezí 2 - 3 %), další nevýhodou je značný elektrický příkon výkonových systémů.

Tyto nevýhody se vědci snaží odstranit tím, že se snaží nahradit výbojkové čerpání čerpáním polovodičových diod.

Použitím polovodičových diod se dosahuje vysoké účinnosti a také se sníží spotřeba elektrické energie. Bohužel výroba polovodičových diod je velmi nákladná. [7]

2.3.3 Vysokovýkonové laserové diody

Mezi perspektivní vysokovýkonové diody patří polovodičové. Jejich rozvoj je teprve v počátku. Tyto systémy vynikají elektrickou účinností (kolem 25 - 30 %), neboť přeměňují elektrický proud přímo na světelné záření. I vlnová délka u těchto laserů vyniká (v rozmezí 800 - 900 nm). U předchozích typů laserů byla nevýhoda náročné údržby a vysoké hmotnosti přístroje, to však u tohoto typu odpadá. Zde se nachází problém s velkou divergencí laserového svazku a teplotní závislostí výkonu.

2.3.4 Vláknové lasery

Vláknové lasery patří mezi nejnovější typy laserů. Našli své uplatnění v gravitování, řezání, k laserovému značení. Aktivní prostředí je tvořeno křemennými vlákny, která jsou dopovaná prvky vzácných zemin (Ytterbium, Erbium). Tyto lasery pracují v kontinuálním režimu a emitují záření na vlnových délkách 1000 - 1500 nm. Pro čerpání se používají nízkovýkonové polovodičové laserové diody, které vynikají dobrou kvalitou laserového svazku, vysokou životností a účinností a hlavně nízkou cenou. Kromě nízké spotřeby elektrické energie vynikají tyto lasery malou hmotností, vysokou spolehlivostí, kvalitou laserového svazku a nevyžadují vodní chlazení. V budoucnosti mohou nahradit i vysokovýkonové CO₂ lasery. [8]

2.3.5 CO₂ lasery

Patří mezi plynové lasery, kde aktivní prostředí je tvořeno molekulami z oxidu uhličitého. Ke stimulované emisi dochází při kvantových přechodech mezi různými vibračně - rotačními podhladinami základního energetického stavu molekuly. Nejčastěji jsou buzené elektrickým výbojem ve zředěném plynu, příčné buzení elektrickým výbojem za vysokých tlaků, buzení elektronovým svazkem, chemickou reakcí či expanzí horkého plynu. [4]

Záření pomocí tohoto laseru spadá do vzdálené infračervené oblasti. Nejčastěji je zde generovaná vlnová délka 1,06 μm . Jejich významným hlediskem je vysoká účinnost. Ta se pohybuje v rozmezí 8 - 10 %. CO₂ lasery patří mezi nejpoužívanější lasery, a to i díky výstupnímu výkonu, který se pohybuje v rozmezí 1 - 30 kW. Nízkovýkonové typy se vyznačují malými rozměry a velkou životností. Další důvod, proč se převážně používají tyto typy, je kvůli dobré kvalitě laserového svazku. Další vlastnosti CO₂ laseru můžeme spíše považovat jako negativní. Například vlnová délka (kolem 10,6 μm), složitost a provozní náročnost, nepřetržitá kontrola, častá údržba. Tento typ laserů patří k nejvhodnějším typům laserů pro značení organických materiálů. [9]



Obr. 3 - CO₂ laser [9]

2.4 Použití laseru

Laser je obdivuhodné a neobyčejně univerzální zařízení. Je schopen měnit prakticky jakýkoli druh energie na energii koherentního elektromagnetického záření. Volbou vhodného aktivního prostředí je možno získat záření nejrůznějších vlnových délek v oboru infračerveného, viditelného i ultrafialového světla. I když se u některých typů laserů přeměňuje energie s poměrně malou účinností, je tento nedostatek bohatě nahrazen vysokou kvalitou laserového světla. Žádný jiný zdroj záření tuto výjimečnou kvalitu nenabízí, a proto se stává laser jedním z nejužitečnějších nástrojů dneška.

Lasery můžeme dělit podle použití na lasery výzkumné, měřicí, lékařské, technologické, energetické a vojenské. Každý z těchto laserů našel uplatnění v jiné oblasti lidské činnosti. Ne každý laser se hodí pro každý účel.

Většina laserů, s kterými se běžně setkáváme, jsou lasery malého výkonu pracující kontinuálně (spojitě, nepřetržitě). Od běžných laserových ukazovátek, přes laserové tiskárny, kopírky nebo CD-ROM mechaniky, až k laserovým efektům známým z rockových koncertů. Také při přenosu informací se používají lasery pracující v nepřetržitém režimu. Dále se lasery používají při měření délek, při operaci očí (odstranění či zmenšení krátkozrakosti) apod.

Při sváření, řezání, vrtání či chirurgii je určující charakteristikou výkon laseru, proto se zde uplatňují impulsní lasery. Výkon laseru totiž také závisí na délce laserového pulsu (času), a tak čím bude puls kratší, tím větší bude výkon. Zkracování délky pulsu vedlo až k několika nanosekundám, čímž se docílilo výkonu srovnatelného s malými elektrárnami. [10]

3 Využití laseru v textilním průmyslu

3.1 Laserové řezání (v oddělovacím procesu)

Princip laserového oddělování je velmi podobný laserovému pojení textilií. Je zde velmi důležité, aby se dělená část textilie snadno oddělila od zbývajících částí. U oddělovacího procesu pomocí laseru není třeba dbát na soudržnost textilie. Díky tomu je možné provádět velmi rychlé a kontinuální řezy k oddělování textilií.

Problém nastává u oddělování textilního materiálu, kde jsou hojně zastoupena termoplastická vlákna. V tomto případě hrozí nebezpečí termoplastické spojení vrstev. Z tohoto důvodu je velmi důležité stanovit taková technologická opatření, aby byly splněny podmínky, kdy nedojde k propojení jednotlivých vrstev. Aby nedošlo k tomuto propojení, tak je tu možnost proložení textilních vrstev vrstvami papíru či vrstvami viskóзовých rounových textilií. Kromě proložení již zmíněných materiálů je možno zabránit propojení vrstev za pomoci vhodných technologických podmínek, které zabrání vytvoření rozměrných kulových útvarů nebo jejich splnutí ve větší celky. To je možné za pomoci místního ochlazení řezu. Pro každou danou textilií je třeba vyzkoušet optimální technologii.

Dalším důležitým prvkem je, aby textilie obsahovaly určitou část plastomero-vých vláken, a to z toho důvodu, aby okraje po řezu byly zatavené a odstranilo se tím začišťování těchto okrajů. Laserové oddělování patří mezi velmi produktivní. Dokonce už oddělování jedné vrstvy je ekonomicky výhodné.

Jelikož se laserové oddělování používá už řadu let, proto byly vyzkoušeny řady možností produktivity a ekonomického efektu. Bylo zapotřebí vypracovat pro každý materiál vhodné podmínky oddělování. Např. pro oddělování více vrstev je zapotřebí opatřit laserovou hlavici soustavou ekvidistantních, navzájem propojených plošek s otvorem uprostřed pro laserový paprsek. Tyto jednotlivé plošky spojené v celek s hlavici se vsunou mezi vláknové vrstvy a pohybují se spolu s hlavici za řezem vláknovými vrstvami. Pro dělení materiálu se dnes stále ještě používají výkonové plynové CO lasery a pevnolátkové lasery. [11]

3.2 Laserové šití

Laserové šití není ještě moc průmyslově rozšířeno, neboť u šití máme velmi vysoké požadavky na kvalitu spojů. Při jejich namáhání dochází k destrukci a spoj se již velmi těžko opravuje. Laserové šití je založeno na pojení plastomerních materiálů.

Pomocí laserového paprsku je možné zpracovávat vlákna i z různorodých termoplastů, kde alespoň jeden z dílů je schopen absorbovat energii laserového paprsku k natažení v místě stykové spáry. K vlastnímu spojení těchto materiálů dojde za pomoci mechanického přitlaku dvou rotačních těles. Tato rotační tělesa zároveň zajišťují posun textilie.

Ve Fraunhofer Institutu ILT za pomoci pařížského CFLAdiodového laseru vytvořili šicí stroj pro zpracování textilií typu PP, PE. Při zpracování vláken z těchto materiálů se přitom vychází z klasické technologie šití, kdy horní a spodní vlákno se ve smyčce při ohybu jehly nahoru utahuje. V tomto uzlovém bodě působí laser na protažení vláken. Tím se zvyšuje pevnost švu a zabrání se podélnému šíření případné trhlinky.

[11]



Obr. 4 - Šicí stroj Bernina s laserovou patkou [12]

3.3 Vzorování

Nejnovější technologie, která umožňuje tvorbu unikátních vzorů na oděvech (jak na ořezaných částech, tak na hotovém zboží), na které tradiční metody tisku nebo vyšívání nestačí nebo jsou příliš drahé.

Každý vzor je reprodukován vždy se stejnou jakostí. Je to díky používání vyspělému softwaru, který umožňuje přesnou kresbu a stříhání vzorů laserem. Dokáže nakreslit každý obraz, který je uložený jako bitová nebo vektorová grafika. Obraz lze vyrábět na různých tkaninách (džíny, polár, kůže, velur, semiš...).

Tato technologie umožňuje výrobu krátkých sérií zboží, při nízkých jednotkových cenách. Výrobce může na stejných modifikacích oděvu umístit rozdílné vzory a tím získat několik variant výrobku. [13]



Obr. 5 - Příklad reprodukce grafiky na textilní materiál pomocí laseru [13]

3.4 Laserové reklamní značení

Gravování pomocí laseru proniklo i do reklamního značení textilních materiálů. V podstatě se jedná o vypalování neboli lépe řečeno, jde o odpařování vláken. Tyto laserové paprsky se využívají k reklamnímu značení tkaniny označované jako fleece. K označování fleecu nelze použít jiných technik, neboť tento materiál nelze potiskovat.

Důvod, proč nejde potiskovat fleece je v tom, že krátká vyčesaná vlákénka se tiskovou barvou slepí a potisk následně nemá hezký vzhled. Ani výšivka nevypadá na

tomto materiálu moc dobře, neboť utahováním vyšívacích nití vznikají tzv. boule, které tvoří neestetický vzhled. Kvůli těmto důvodům se pro fleecový materiál nejvíce hodí laserové značení. Avšak tento způsob je vhodný pro fleecové tkaniny zhotovené ze syntetických vláken.

Princip značení spočívá v tom, že laserový paprsek odpaří na daných místech pouze vyčesaná krátká vlákénka až na podkladovou tkaninu. Je zde kladen důraz, aby nedošlo k propálení této podkladové tkaniny. Díky laseru se o toto nemusíme obávat, neboť u laseru lze nastavovat jeho intenzitu regulací množství energie, která je do laserové hlavy dodávána. To znamená, že ovlivňuje i hloubku, do které má probíhat odpařování.

V praxi se používá laserová hlava s diodou CO₂ řízená počítačem. Princip je stejný jako u tiskového či vyřezávacího plotru. Grafický motiv dodaný v Corelu je převeden do TLT souborů pro plotry a potom už je třeba jen nastavit intenzitu paprsku, aby materiál nepropálil.

Textilie určená k reklamnímu označení tímto způsobem se umístí na ocelovou desku pracovního stolu tohoto „laserového plotru“, zafixuje se pomocí magnetů, potom se zaměří místo, na které má být reklamní značení aplikováno, a o zbytek už se postará řídicí počítač a laserová hlava. Výsledný obrazec je tedy zahlouben do tkaniny, protože je tvořen konturami, ve kterých byla odpařena vyčesaná vlákénka, a proti okolnímu povrchu má obvykle o něco tmavší odstín podkladové tkaniny, takže z fleecové textilie velice decentně, ale přitom dostatečně výrazně jakoby vystupuje. [14]

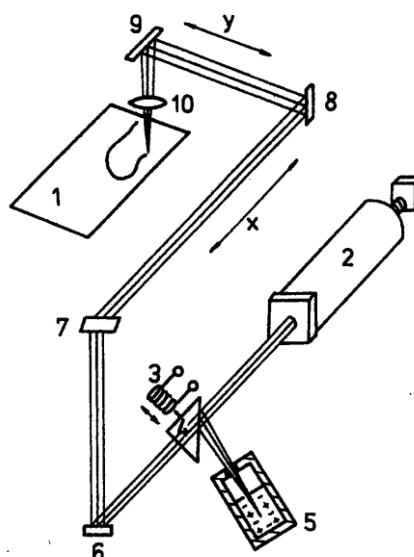


Obr. 6 - Laserové značení - E-SolMark pet [15]

3.5 Laserové pojení

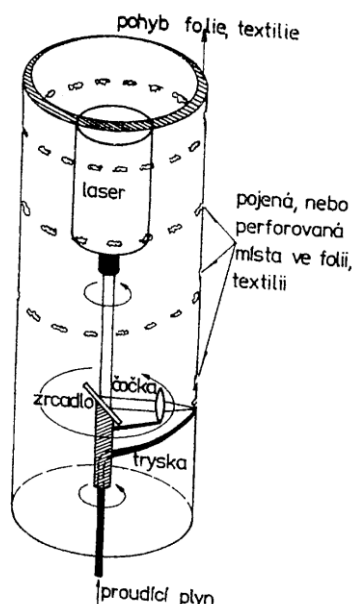
U laserového pojení je zapotřebí uvést plastomerní složky vláknových vrstev na teplotu měknutí nebo tavení a za spolupůsobení přítlaču vytvořit propojení termoplastickou složkou vlákna ve vlákenné vrstvě v ozářeném místě laserovým zářením. Díky tomu bude tedy laserové pojení textilií vždy jen pojení bodové. Je možné za pomoci fokusace laserového záření a jeho rychlým pohybem po povrchu vláknové vrstvy vytvářet v poměrně krátkém čase velké množství bodových různě velikých spojů o malých rozměrech, s nejrůznějším rozložením pojících bodů. Také je možné použitím laserového záření vytvářet velkou škálu termoplasticky pojených textilií. Pojící laserový systém vyžaduje kromě laseru pracujícího buď v kontinuálním nebo pulsním provozu, různé optické prvky ovládání laserového svazku jako jsou expandéry, přerušovače, modulátory, vychylovače a skenovací zařízení laserového svazku. K dosažení optimálního propojení textilie je zapotřebí stanovit optimální veličiny jako je výkon, intenzita, velikost ozáření plochy, rychlost přerušování a skenovací rychlost laserového svazku, rychlost pohybu textilie, teplota textilie dosažená ozářením laseru a další veličiny. Laserový pojící systém bude muset být kromě laseru vybaven odpovídajícími prvky, senzory výkonu, teploty, intenzity rychlosti přerušování, posuvu a dalšími. Jedině tak lze využít pro pojení přednosti laseru.

- 1 - list textilie
- 2 - laser
- 3 - posuv hranolu
- 4, 5 - měřič výkonu
- 6, 7, 8, 9 - zrcadla
- 8, 9 - pohyblivá
- 10 - čočka



Obr. 7 - Blokové schéma laserového pojícího systému [11]

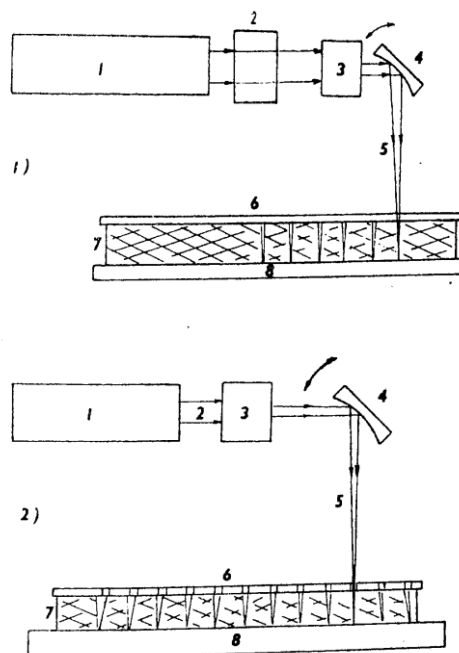
Laserové záření z laseru vystupuje do ovládacího zařízení paprsku, což je optické a skenovací zařízení, z něho jsou informace vedeny do počítače. Senzory přivádějí informace o charakteristikách laserového svazku a jeho ovlivňování textilie do počítače, kde se rovněž zpracovávají. Počítač pak ovlivňuje podmínky pojení textilie. Je-li vláknová vrstva vedena ve válcové dutině s tuhou stěnou, zajistí otáčející se a přerušovaný laserový svazek, programované změknutí eventuálně roztavení plastomerových složek v místech ozáření. Otáčející se tryska s proudícím plynem způsobí podle tlaku plynu buď přítlak, nebo rozprostření roztaveného plastomeru do okolí ozářeného místa. Lze tedy ještě vhodným tlakem plynu a teplotou ohřátého místa řídit různé vlastnosti výsledné textilie.



Obr. 8 - Rotační laserové pojení [11]

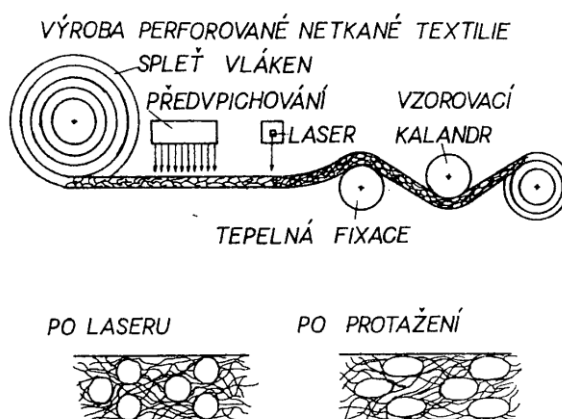
Laserové pojení je možné provádět i na lineárních textiliích. Přimícháme-li do staplových vláken vlákna termoplastická je možné výslednou přízi propojit složkou plastomerních vláken ozářením laserovým zářením, a tak vytvářet celou řadu nových druhů přízí s různými mechanickými a efektivními vlastnostmi, případně příze, které není třeba šlichtovat. Princip laserového pojení plošných textilií je vidět na obrázku.

- 1 - ASER
- 2 - laserový svazek
- 3 - expander
- 4 - otáčivé zrcadlo
- 5 - fokusovaný svazek
- 6 - maska vzoru
- 7 - pojené rouno
- 8 - transportní pás



**Obr. 9 - Laserové pojení plošných textilií,
založené na skenování laserového záření [11]**

Systém je založen na skenování laserového záření rotujícím hranolem 3, jehož kuželové zrcadlové plochy mají fokusační účinek. Laserový paprsek skenuje přes celou šířku pojené nebo opracované textilie, podélný pohyb textilie obstarává transportní pás 6. V tomto případě je vhodné použít laseru s pulsním provozem. Využití laserového záření na pojení netkaných textilií v lince je patrné z dalšího obrázku.

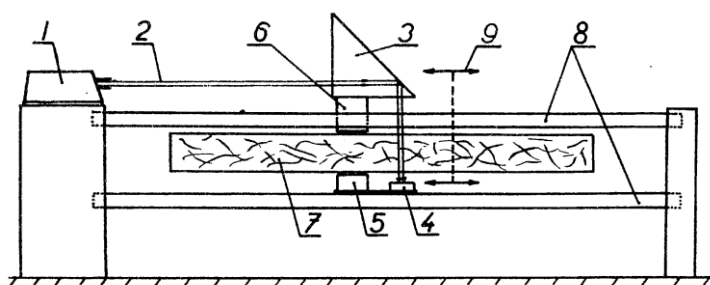


Obr. 10 - Využití laseru na pojení netkaných textilií v lince [11]

Vláknové rouno se odvíjí ze stůčky, je dopravováno pásem do předpichovacího zařízení, perforováno laserem, protahováno a výsledkem je perforovaná textilie.

Další uspořádání laserového pojení netkaných textilií je uvedeno na níže uvedeném obrázku.

Laserové záření pulzního laseru nebo kontinuálního laseru i s přerušovačem 2 je zúženo expandérem 3 a dopadá na kmitající nebo rotující zrcadlo či hranol 4. Fokusované prochází průzračnou přitlačnou deskou 6 nebo deskou s otvory na vláknovou vrstvu, která se pohybuje na transportním páse 8 a po propojení vytváří netkanou textilií. [11]



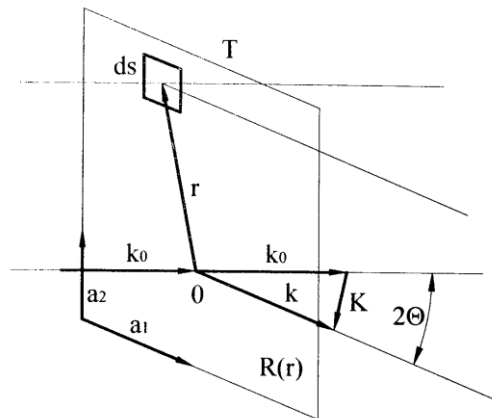
Obr. 11 - Laserové pojení netkaných textilií [11]

3.6 Laserová difraktografie a holografie

U textilií určujeme několik strukturních parametrů jako je například anizotropie, součinitel orientace vláken, dokonalost struktury síťových tkanin,...

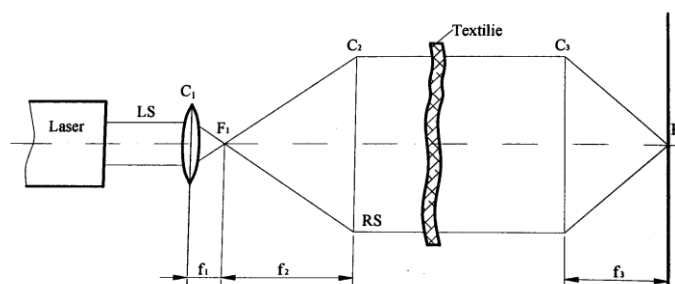
Pro určování těchto parametrů nám pomůže laserová difraktografie. Princip této technologie je obdobný jako u rentgenové difrakce na krystalech a amorfních látkách, ale při tisícinásobném zvětšení.

Princip difrakce je znázorněn na obrázku. Na obrázku jsou vytyčeny dva rovnoběžné paprsky, jeden dopadající na plošku ds ve směru k_0 a druhý procházející počátkem O . Vlivem difrakce na textilní struktuře dojde k odchýlení paprsků do směru k odkloněného od původního směru k_0 o úhel 2θ . Je-li rozptylová schopnost textilie v místě r $R(r)$ je amplituda rozptýleného záření určena Fourierovou transformací $R(r)$.



Obr. 12 - Princip difrakce laserového záření na textilii [11]

Metoda je nenahraditelná k určování stupně orientace vláken v rousinách a lze ji v současné době užít jako zobrazovacího prostředku digitální videokamery provádět v reálném čase. Difrakční záznamy se provádějí na optickém difraktometru.



Obr. 13 - Princip laserového difraktometru [11]

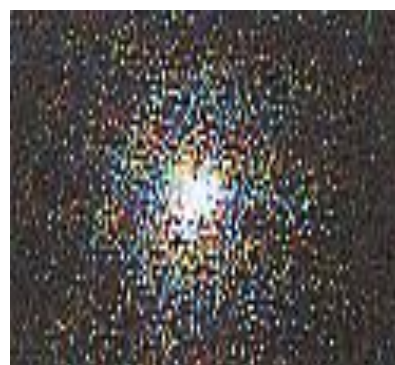
Je tvořen laserem jehož svazek LS dopadá na čočku C, do jehož ohniska je umístěno ohnisko čočky C. Tak je vytvořeno pole rovnoběžných paprsků, do něhož se vkládá textilie T a difrakční obraz se zaznamenává v ohniskové rovině čočky C. Úhel rozorientace φ vláken vytvořený paprsky vycházející ze středu difraktogramu a dotýkající se vnějších okrajů difrakčního obrazce je mírou orientace vláken. Čím je větší, tím jsou vlákna méně orientovaná. Této metody se využívá ke kvantitativnímu hodnocení orientace vláken v rouchech netkaných textilií, usních, v páscích při rotorovém předení. V současné době, při využití videokamery s počítačem, je možné provádět laserová difratometrická měření v reálném čase. [11]



Obr. 14 - Difraktogram tkaniny spolu s jejím přímým obrazem [11]



Obr. 15 - Difraktogram tkaniny spolu s jejím přímým obrazem [11]



Obr. 16 - Orientovaná a neorientovaná vlákna [11]

3.7 Blednutí denimových tkanin pomocí laseru

Denimové kalhoty, běžně zvané jako „modré džíny“ udržují svou popularitu po mnoho let. Za tímto účelem podpory zákaznického nákupního zájmu a pro oslovení jejich estetického vkusu, společnosti zkouší v současné době vyvinout různé techniky pro zlepšení vizuálních aspektů denimových tkanin. Tyto techniky hlavně zahrnují tisk tkanin, vyšívání a praní finálního produktu. Populární technikou je zvláště třepení určitých oblastí tkaniny broušením a praním s kameny pro vytvoření vzoru. [16]

Denimové tkaniny jsou vyráběny nebarevnými bavlněnými útkovými nitěmi a indigem barvenými bavlněnými nitěmi, obecně 2/1 nebo 3/1 keprová vazba. [17]

Ačkoliv běžné technologie jsou velmi užitečné, co se týče masové produkce, výroba neobarvených džín s použitím těchto technologií zahrnuje velkou spotřebu vody, která je většinou vysoce znečištěna chemikáliemi používaných při těchto postupech. Alternativní technologií, která by mohla eliminovat několik nedostatků běžných metod, je blednutí laserem. [18]

Laser je zdrojem energie, která může být přímo nasměrována na požadovaný objekt a jejíž výkon a intenzita může být lehce ovládána. Použití laseru nám umožňuje řezat velké množství materiálů počínaje kovy a konče tkaninami.

Působení laseru na obarvená vlákna denimu je, hlavně u indiga, účinkem tepla. Samotný proces je založen na technologii značkování laserem u textilních materiálů. Pár zrcadel ovládaných rychlým počítačem pohybuje laserovým paprskem na denimu. Výsledkem je stejnoměrné vyblednutí nebo text nebo vybledlý obrázek. Změna mezi těmito typy blednutí je lehce vyrobitelná, protože zrcadla jsou ovládána počítačem. Počítačem také ovládáme parametry laserového paprsku, přizpůsobujeme je různým změnám, které se objeví během výrobního procesu. Různé stupně odstranění barvy s nízkým poškozením nebo bez poškození denimu jsou dosaženy s použitím různých parametrů laseru.

Je známo, že technikou praní s kameny (stone washing) vyrábíme kalhoty s vybledlou barvou. Nejen, že je stone washing poměrně zdoluhavý proces, vytváří značně rovnoměrně zesvětlený nebo vybledlý vzhled, který není typický pro modré džíny po dlouhodobém nošení. Výhody technologických úprav založené na použití laseru oproti

běžným technikám zpracování jsou: méně znečištěné prostředí pomocí sníženého množství chemických prostředků a snížená spotřeba vody. [19]

V této studii byl aplikován laserový paprsek CO₂ na denimovou tkaninu s různou dobou pulsů. Byly zkoumány změny fyzikálních vlastností ve vybledlých oblastech vzorků denimové tkaniny. Proto byly zjišťovány účinky laserového paprsku na vybledlou tkaninu a optimální podmínky procesu.

Výsledky této práce ukazují, že proces blednutí, založený na působení laseru, představuje vážného konkurenta běžným technologiím. Standardní technické testy ukazují, že s lehkou diferencí barevné změny laserem vybledlý materiál neztrácí svou kvalitu a v některých případech (odolnost proti přetržení, srážení) laserem vybledlý materiál vykazuje lepší vlastnosti. [20]

4 Bezpečnostní rizika

Pokud laser pracuje na určitých vlnových délkách, na které je schopno se oko soustředit, a které mohou být dobře soustředěny sítnicí a rohovkou oka, tak vysoká koherence a malý rozptyl laserového paprsku může u některých typů laserů způsobit, že je přijímaný paprsek soustředěn pouze do extrémně malého bodu na sítnici. To vede k bodovému přehřátí sítnice a k trvalému poškození zraku. Lasery jsou rozděleny do bezpečnostních tříd:

- třída I. : možný trvalý pohled do svazku laserových paprsků
- třída II. : kontinuální a viditelné záření, přímý pohled do zdroje možný, oko ochrání mrkací reflex
- třída III. a) : totéž jako II., ale oko již může být poškozeno za pohledu do zdroje pomocí optické soustavy (např. dalekohled)
- třída III. b) : nebezpečí poškození oka, nutno používat ochranné pomůcky (i při pozorování odrazu), max. emise 0,5 W
- třída IV. : totéž jako III. b), emise překračuje výkon 0,5 W

Běžně dostupné lasery bývají maximálně ve třídě III. (optické soustavy cd přehrávačů).

Výkonné lasery (třídy IV) jsou schopné způsobit popáleniny, řezné nebo tržné rány; případně způsobit požár.

Řada laserů je buzena nebezpečnými látkami nebo vysokým napětím v řádu desítek kilovoltů. [1]



Obr. 17 - Bezpečnostní symbol laseru třídy 2 a vyšší [1]

5 Bavlna

Bavlna patří mezi přírodní vlákna rostlinného původu. Podstatou bavlny je celulóza. Chemické složení bavlny je různé podle druhu, zralosti, půdních a povětrnostních podmínek.

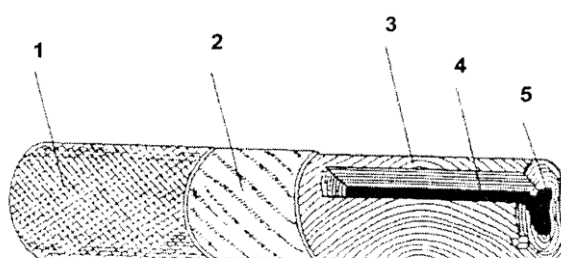
Bavlna je nejdůležitější ze všech plodin pěstovaných pro výrobu textilního vlákna. Vlákna se získávají z plodu keře Bavlíku. [21]



Obr. 18 - Bavlna [22]

5.1 Struktura bavlněného vlákna

Zralá bavlněná vlákna mají tvar zkroucené stužky a jejich průřez je ledvinkovitého tvaru. Bavlněné vlákno je vytvářeno z několika vrstev:



- 1 - primární stěna
- 2 - fibrilární mezivrstva
- 3 - sekundární stěna
- 4 - terciální stěna
- 5 - lumen

Obr. 19 - Model bavlněného vlákna [21]

Primární stěna (kutikula) - je pokožkou, která tvoří tenký, ale pevný povrch vláken. Obsahuje především lecitin, bílkoviny, vosky a pektin. Tloušťka kutikuly je asi 0,1 μm .

Sekundární stěna - je tvořena soustavou prstenců lamel. Sekundární stěna zaujímá až 95 % objemu vlákna a dosahuje tloušťky 4 μm .

Terciální stěna - je tenká asi 0,1 μm a z větší části je tvořena necelulózovými látkami. Tato část vlákna je vnitřní pokožkou ohraničující lumen.

5.2 Zralost vláken

Zralost vláken se výrazně projevuje na kvalitě vláken. Zralá vlákna mají dobře vyvinutou sekundární stěnu, která je u mrtvých vláken velmi tenká. Nezralá a mrtvá vlákna zhoršují mechanické vlastnosti, mají odlišnou sorpci vlhkosti a barviv, při technologickém zpracování jsou příčinou výrobních problémů. [23]

5.3 Chemické složení bavlněného vlákna

Chemické složení bavlněného vlákna se liší v závislosti na druhu bavlny, klimatických podmínkách a zralosti vláken.

Průměrné chemické složení bavlny je:

- 86 - 96 % celulózy,
- 2,8 % bílkovin,
- 0,4 - 1,2 % pektinů,
- 1 - 1,8 % popelovin,
- 6 - 8,5 % hygroskopické vlhkosti,
- stopy pigmentů.

5.3.1 Charakteristika některých složek vlákna bavlny

Celulóza - je přírodní makromolekulární sloučeninou, která je základním stavebním prvkem bavlněných vláken.

Bílkoviny - jsou obsaženy v primární stěně a v lumenu, obsahují např. aminokyseliny: kyselinu asparagovou, glutamovou a prolin.

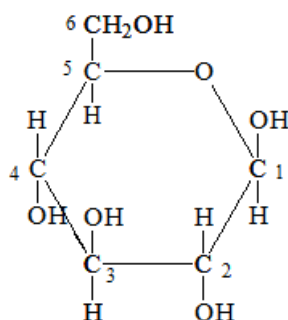
Pektiny - se nalézají v primární stěně, jedná se především o kyselinu polygalakturonovou a její hořečnaté soli.

Vosky - jsou to vyšší jednoduché alkoholy – trioctanol, kyselina palmitová a olejová, vyskytují se na povrchu vláken a v primární stěně.

Hydroskopická vlhkost - bavlna ji přijímá z okolní vlhkosti prostředí.

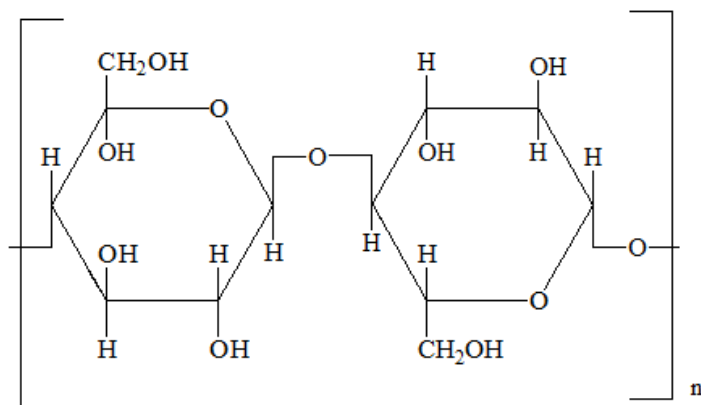
5.4 Celulóza

Je to polysacharid, jehož základní stavební jednotkou je β -glukopyranóza spojená do polymeru 1,4-glykosidickými vazbami.



Obr. 20 - β - glukopyranóza [21]

Navázáním několika tisíc (3 - 15 tisíc) základních jednotek β - glukózy vzniká makromolekula celulózy.



Obr. 21 - Základní strukturní jednotka celulózy - celobióza [21]

5.5 Struktura celulózy

Každá β -glukopyranózová jednotka obsahuje 3 alkoholické skupiny. Primární alkoholická skupina je umístěna na uhlíku C_6 a sekundární alkoholické skupiny jsou na uhlících C_2 a C_3 .

Tyto - OH skupiny významně ovlivňují fyzikální, chemické a fyzikálně-chemické vlastnosti. Mezi těmito skupinami vznikají vazby vodíkových můstků, jednak jako intramolekulární vazby (mezi OH - skupinami jedné makromolekuly) a jednak intermolekulární mezi OH - skupinami více makromolekul). Intramolekulární vodíkové můstky způsobují tuhost makromolekul a intermolekulární jsou příčinou nerozpustnosti celulózy ve vodě a běžných rozpouštědlech.

Působením vazeb vodíkových můstků na sebe makromolekuly vzájemně energeticky působí. Velmi pevná vazba dvou molekul může nastat, jestliže obě molekuly budou mít řetězce rovné, paralelně umístěné vedle sebe a na všech místech, kde to stericke důvody dovolují, vzniknou vodíkové můstky. Takto urovnané makromolekuly v paralelním uspořádání, umožňují vznik krystalických útvarů. Náhodně uspořádané molekuly celulózy se mohou vodíkovými můstky vázat jen ojediněle a vzhledem k volné otáčivosti některých vazeb jsou různě zprohýbány a vytváří amorfni oblasti vláken.

Předpokládá se, že jedna makromolekula celulózy zasahuje do několika krystalických i amorfni oblastí vlákna.

Volné alkoholické skupiny v amorfních oblastech vlákna mají schopnost poutat molekuly vody (pomocí vodíkových můstků). Tato schopnost je omezena, nedochází k rozpouštění celulózy, ale pouze k jejímu bobtnání.

Celulóza je málo reaktivní, což je dáno jejím chemickým složením (reaguje jako vícemocný alkohol), hlavně však její strukturou, protože reakce probíhají značně rychleji v amorfní oblasti vlákna. U rezných celulóзовých vláken převládá krystalický podíl, který odpovídá 70 procentům objemu vláken.

Pro zušlechťování mají největší význam reakce, při nichž dochází ke zkrácení makromolekulárního řetězce a tím ke snížení pevnosti celulóзовých vláken. Jedná se hlavně o hydrolytické štěpení a oxidační reakce, které vedou k oxidačnímu štěpení. Tyto reakce probíhají snadněji, je-li celulóza ve zbotnalém stavu. [21]

5.6 Zjišťování poškození vláken

Nesprávné technologické postupy, nevhodné podmínky skladování nebo používání textilních výrobků mohou být příčinou jejich poškození, které je zpravidla vyvoláno poškozením vlákna samého. Charakter poškození závisí přitom, jak na okolnostech, za nichž byl výrobek poškozen, tak i na druhu vláken a jejich vlastnostech. V praxi je nejčastější chemické poškození vláken. Setkáváme se ovšem i s poškozením mechanickým, termickým, s poškozením vyvolaným působením světla, hmyzu, mikroorganismů, záření apod.

Celulóзовá vlákna, jak přírodní, tak i chemická jsou snadno poškožována přímým působením kyselin nebo jejich některých solí hydrolyticky odštěpujících kyselinu, dále oxidačními prostředky, vroucími roztoky alkálií a do určité míry též redukčními prostředky. Působením všech zmíněných činitelů nastává degradace celulózy, která je charakterizována zkracováním dlouhých řetězců makromolekul. Vláknem má za těchto podmínek nižší polymerační stupeň, a tím i nižší hodnoty mechanické pevnosti. Jsou-li vlákna poškozena působením kyselin, zvyšuje se redukční schopnost celulózy, což lze vysvětlit tím, že se na narušených místech řetězce tvoří aldehydicke skupiny. Tento druh celulózy, který je směsí různých odbouraných zplodin celulózy s vlastní nepřeměnnou celulózou, nazýváme hydrocelulózou. Je-li naproti tomu vláknem poškozeno působením oxidačních prostředků, nazýváme ho oxycelulózou. Celulóza poškozená působem

ním oxidačních prostředků má rovněž nižší polymerační stupeň, a proto je pochopitelně též mechanická pevnost vláken nižší.

Podobné druhy poškození jako kyselinami a oxidačními prostředky mohou být vyvolány též působením vysoké teploty nebo přímého intenzivního osvětlování. Příčinou poškození může být dále také napadení plísněmi, bakteriemi, hmyzem, jakož i poškození mechanickými vlivy. [24]

Základní analytické charakteristiky pro rozhodnutí o poškození celulózových vláken:

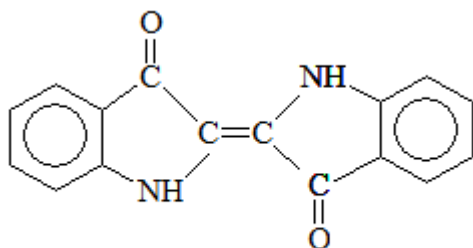
- zvýšení rozpustnosti v zásadách
- pevnost, tažnost
- Cu - číslo
- číslo methylenové modři
- PPS [21]

6 Kypová barviva

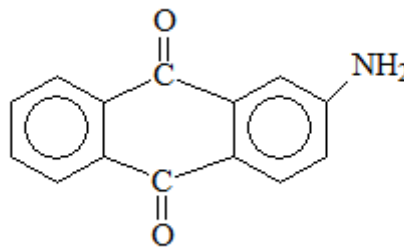
Kypová barviva představují technologicky důležitou skupinu barviv pro celuló-zová vlákna. Jsou charakterizována vysokými stálostmi za mokra i vysokou stálostí na světle, kompletní paletou odstínů, dobrou kombinovatelností a možností volby různých postupů barvení. Vybarvují i řadu jiných vláken. V tuzemsku na trh přicházejí pod obchodním označením Ostanthrenová a dodávají se ve formě:

- těst
- kapalné
- prášků
 - prášky obyčejné
 - prášky jemné
 - mikroprášky

Kypová barviva lze odvozovat např. od indiga nebo od β -aminoantrachinonu:

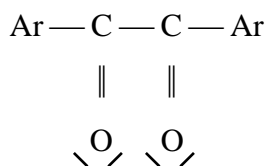


Obr. 22 - Indigo [25]



Obr. 23 - β -aminoantrachinon [25]

Z uvedených vzorců vidíme, že každé kypové barvivo bude vždy obsahovat alespoň dvě ketoskupiny $=C=O$. Proto všechny vzorce kypových barviv můžeme v nejobecnějším pojetí vyjádřit schematicky :



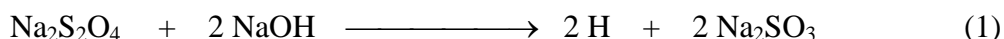
Obr. 24 - Obecný vzorec kypového barviva [25]

6.1 Teorie barvení

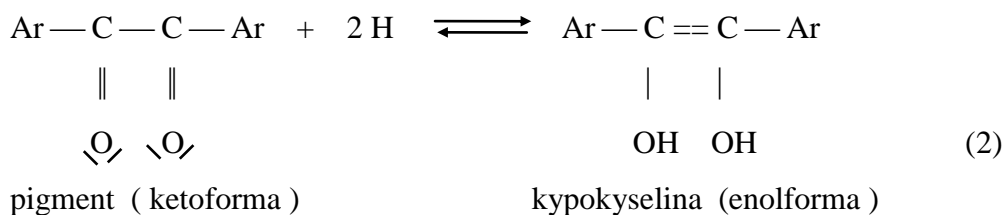
Celý proces kypového barvení lze rozdělit do čtyř stadií :

- kypování
- vlastní vybarvení
- oxidace
- závěrečné zpracování

Všechna kypová barviva jsou ve vodě nerozpustná, a proto se musí pro barvení převést tzv. kypováním na vodorozpustnou, k celulóзовým vláknům afinní formu, tzv. leukosloučeninu kypového barviva. Kypování je tedy rozpouštění kypového barviva. Provádí se pomocí hydroxidu sodného NaOH, který představuje alkálii a dithioničitanu sodného Na₂S₂O₄, který je redukčním prostředkem, proto při kypování probíhá alkalická redukce barviva. Vodík ve stavu zrodu potřebný k redukci se získá reakcí :

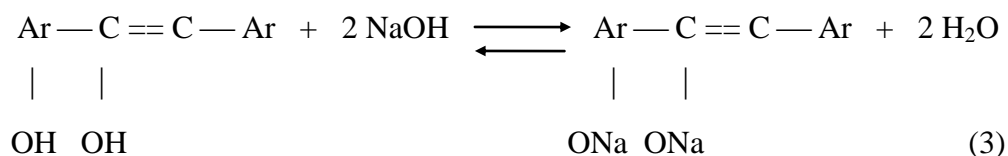


Působí-li tento vodík na původní kypové barvivo, dochází k jeho redukci podle rovnice (schéma je zjednodušeno, u reálných barviv nejsou ketoskupiny vedle sebe:



Pigment barviva se mění v tzv. kypokyselinu. Tato forma barviva je ve vodě ještě nerozpustná resp. nepatrně rozpustná, ale protože došlo ke změnám v uspořádání konjugovaného systému dvojných vazeb, má oproti pigmentu jinou barvu.

V další fázi kypování se uplatňuje alkálie, která reaguje s kypokyselinou a neutralizuje ji na sodnou sůl podle reakce :

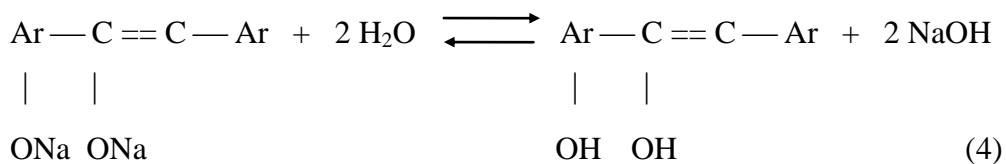


sodná sůl leukosloučeniny (kypa)

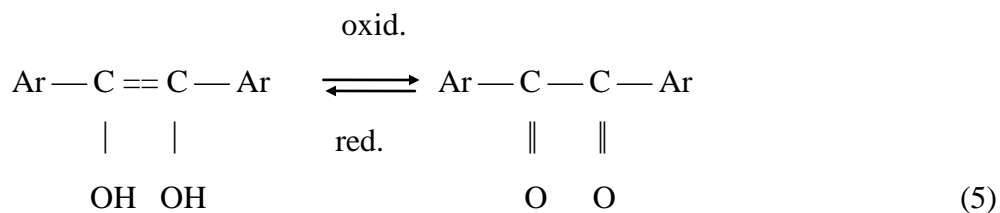
Touto neutralizací vzniká z nerozpustné kypokyseliny ve vodě rozpustná leukosloučenina kypového barviva, která má opět většinou jinou barvu ve srovnání s kypokyselinou i pigmentem.

Pokud barvíme formou leukosloučeniny, vyskytuje se po celou dobu barvení barvivo v lázni v této formě (vlivem ionizace ve vodném prostředí má záporný náboj). Protože leukosloučenina má specifickou barvu, nevidíme při barvení konečný odstín (vzorkování je zdlouhavé - předtím je nutná oxidace).

Po skončeném barvení, při vypírání zbytků barvicí lázně dochází ke zpětným reakcím, tzn. že se nejdříve leukosloučenina prací vodou hydrolyzuje na kypokyselinu



a kyslíkem pohlceným ve vodě (příp. s přidavkem H_2O_2) se kypokyselina oxiduje zpět na původní pigment.



Vazba barviva s vláknem je tedy mechanického charakteru, protože pigment, který se vytvořil ve vlákně, nemá vůbec příbuznost k vodě, a tím také snahu desorbovat z vlákna. Navíc jsou molekuly barviva agregovány do mnohonásobně větších útvarů, které nemohou ani z prostorových důvodů zpětně difundovat z pórů vlákna.

6.2 Způsoby kypování

Kypová barviva je možné rozpouštět - kypovat dvojím způsobem podle toho, jak snadno jsou redukovatelná. Proto rozeznáváme kypování :

- v matečné kypě - pro barviva hůře redukovatelná;
- v barvicí lázni - pro barviva snadno redukovatelná.

Některá barviva se tedy rozpouštějí pouze v matečné (koncentrované) kypě, mnohá je možno kypovat jak v matečné kypě tak i přímo v barvicí lázni. Kypování se neprovádí u všech barviv za stejných podmínek. Mění se teplota kypování i množství hydroxidu sodného a dithioničitanu sodného. Rozdílné podmínky kypování jsou způsobeny rozdílným chemickým složením jednotlivých značek kypových barviv, tj. jejich různou citlivostí vůči alkalické redukci.

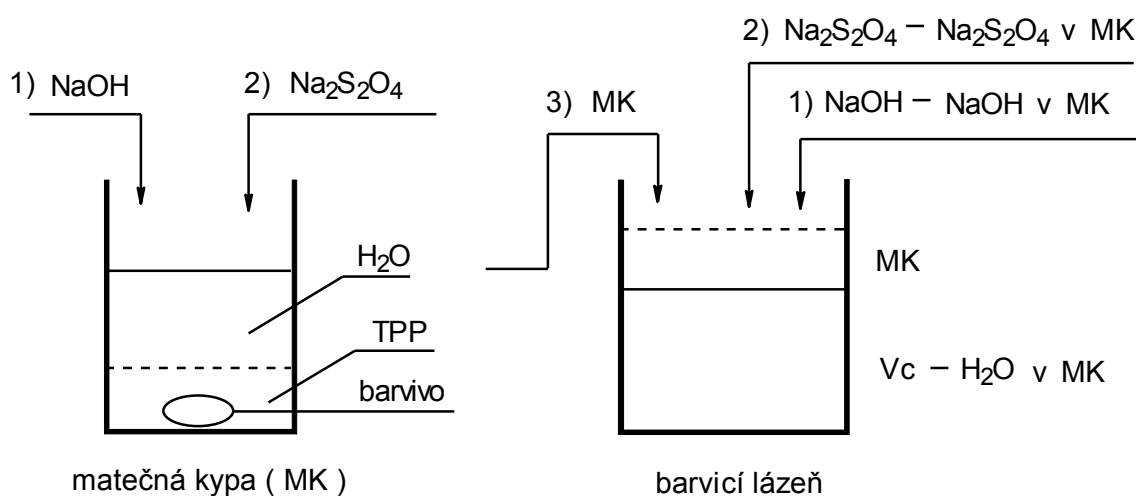
6.2.1 Kypování v matečné kypě

6.2.1.1 Příprava matečné kypy

Barvivo se nejprve natěsní anionickým nebo neionickým smáčecím přípravkem a zředí se asi 60°C teplou vodou. Jemné prášky a prášky submikron se pouze vsypou do vody 40°C teplé a dobře promíchají. Do takto připravené suspenze barviva se přidá potřebné množství hydroxidu sodného 32,5 %ního (38 °Bé) a poté se pomalu za stálého míchání přidá vsypáváním dithioničitan sodný. Zkypování proběhne během 10 - 15 minut, u prášku „submikron“ za 5 minut. Teplotu kypování i potřebná množství chemikálií lze nalézt v ilustrační části vzorkovnice u dané značky barviva v předpise pro přípravu matečné kypy.

6.2.1.2 Příprava barvicí lázně z matečné kypy

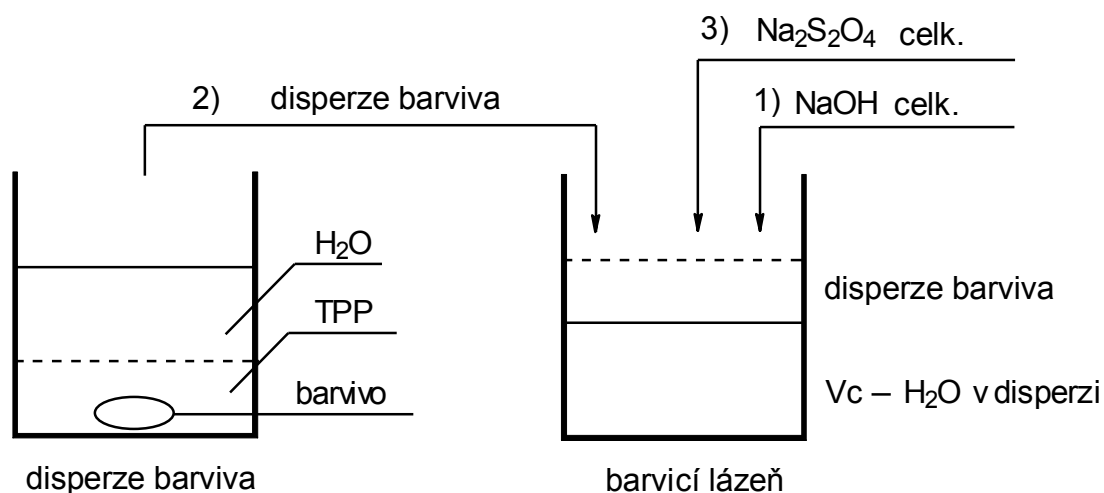
Dobře zkypované barvivo se přidá do barvicí lázně, která obsahuje zbytek vody do celkového objemu lázně, hydroxid sodný a dithioničtan sodný, jejichž množství odpovídá rozdílu celkových množství a množství obsažených v matečné kypě. Dále můžeme přidat egalizační přípravek a elektrolyt. Celková potřebná množství alkálie a redukovačů pro barvení odečteme z tabulek nebo grafů, uvedených na začátku vzor-kovnice.



Obr. 25 - Příprava barvicí lázně z matečné kypy [25]

6.2.2 Kypování v barvicí lázni

Barvivo se natěstí a disperguje stejným způsobem jako při přípravě matečné kypy. Disperze se vlije do lázně, která obsahuje celkové množství hydroxidu sodného a je zahřátá na teplotu kypování. Potom se za stálého míchání vsype celkové množství dithioničtanu sodného a nechá se 10 - 20 minut kypovat. Po zkypování lze případně přidat egalizační TPP a elektrolyt.



Obr. 26 - Příprava celé barvicí lázně [25]

Při kypování, ale také při vlastním barvení, je velmi důležité dodržení předepsaných podmínek. Jejich nedodržení může mít za následek některé nežádoucí jevy. Důsledkem těchto nežádoucích reakcí barviva je slabé vybarvení, změna odstínu vybarvení, snížení stálosti aj.

6.3 Způsoby barvení

Každé kypové barvivo se podle svého chemického složení chová jinak a zcela specificky nejen při kypování, ale i při procesu barvení, oxidaci i při dokončujících operacích. Proto není možné barvit všechna kypová barviva za úplně stejných podmínek podle jednotného předpisu. Pro praktické použití byla rozdělena podle svých aplikačních vlastností do několika skupin, aby se při barvení dosáhlo optimálních výsledků.

Leukosloučeninou kypového barviva se z uvedených důvodů barví vytahovacím způsobem některou ze tří níže uvedených metod, lišících se teplotou, pH barvicí lázně a přísadou elektrolytu. K barvení lze však použít i způsoby klocovací. Nejrozšířenějším postupem kontinuálního barvení je metoda Pad - Steam, případně kontinuální postupy speciální.

Metoda M I

Barviva této skupiny mají vysokou afinitu k textilnímu materiálu, proto se barví bez přísady neutrálního elektrolytu. Vyčerpávají se z lázně rychle a s vysokým výtěžkem. Egalizační schopnost je průměrná. Barviva vyžadují vysokou koncentraci hydroxidu sodného. Teplota barvení je 60°C.

Metoda M II

Tímto způsobem se aplikují barviva se střední afinitou k textilnímu materiálu při střední koncentraci hydroxidu sodného v lázni. Barví se při teplotě 50°C s přísadou soli. Využití barvicí lázně je střední, egalizační schopnost dobrá.

Metoda M III

Tímto postupem se aplikují barviva s nízkou afinitou k textilnímu materiálu při nízké koncentraci hydroxidu sodného v lázni. Barví se při 30°C s přísadou soli, která napomáhá vyčerpání barviva z lázně, které je jinak nízké a pomalé. Egalizační schopnost je většinou dobrá.

6.4 Praní po barvení, oxidace

Leukosloučenina kypového barviva adsorbovaná vláknem se po odstranění zbytků barvicí lázně praním musí převést oxidací z rozpustné enolformy na původní nerozpustnou ketoformu, tj. na původní nerozpustné kypové barvivo. Oxidace se provede buď vzdušným kyslíkem, kyslíkem rozpuštěným ve vodě nebo chemicky (peroxidem). Často se tyto principy kombinují.

Leukosloučenina některých kypových barviv má však nízkou afinitu k celulóзовým vláknům. Proto by mohlo při vypírání zbytků barvicí lázně po barvení docházet také k sepírání části barviva, které je většinou nestejněoměrné a má za následek neegální a slabší vybarvení.

Z tohoto důvodu barviva skupiny M III a syté odstíny skupiny M II se nejdříve oxidují a potom perou, kdežto ostatní odstíny skupiny M II a barviva skupiny M I je možné ihned po barvení prát a potom oxidovat. Pro urychlení oxidace vybarvení lze

použít různých oxidačních prostředků, ne však obecně pro všechny značky. Proces barvení končí mydlením a závěrečným praním.

6.5 Mydlení a závěrečné praní

Zoxidované vybarvení se zpracovává v horké mýdelné lázni pro docílení konečného odstínu vybarvení a maximálních stálostí. Při mydlení dochází ke krystalizaci pigmentu kypového barviva dispergovaného ve vláknech. Částice snadno agregují v krystality, které lépe odolávají chemickým a fyzikálním vlivům. Dochází ke změně odstínu vybarvení, ke zvýšení stálosti na světle i stálostí za mokra a zhoršuje se opětová zkypovatelnost barviva. Současně se strhávají poslední zbytky barviva pouze povrchově ulpělého. Závěrečným oplachováním se odstraní použítá mydlicí lázeň. [25]

7 Experimentální část

Hlavním cílem diplomové práce je sledovat vliv pulzního CO₂ laseru na bavlněnou textilii a zkoumat změny vlastností textilií obarvených i neobarvených.

Provést měření mechanických vlastností bavlněné textilie (jako je pevnost a tažnost), která byla vystavena laserovému infračervenému záření různých intenzit, pomocí trhacího přístroje.

Dále sledování změn povrchu bavlněných vláken po ozařování laserem pomocí rastrovacího elektronového mikroskopu. Pro chemické stanovení stupně poškození bavlny použít čísla mědi a průměrného polymeračního stupně (PPS).

Pomocí grafů z datacoloru vyhodnotit vliv laserového infračerveného záření na změnu barevnosti obarveného materiálu.

7.1 Použitý materiál

Pro experiment byla použita 100 % bavlněná tkanina s keprovou vazbou (3/1) o plošné hmotnosti 259 g.m⁻².

Tloušťka h [mm]	0,58
Hmotnost m [g]	2,592
Dostava osnovy [nití/1 cm]	31
Dostava útku [nití/1 cm]	14
Δl osnovy [mm]	6
Δl útku [mm]	7
Setkání osnovy [%]	6
Setkání útku [%]	7
Stupeň setkání osnovy [%]	5,66
Stupeň setkání útku [%]	6,54

Tab. 1 – Naměřené a vypočítané hodnoty použitého materiálu

7.2 Ozařování bavlněné textilie laserem

7.2.1 Zařízení Marcatex Flexi 150/250

Zařízení Marcatex 150/250 Flexi je vrstvý systém laseru CO₂ buzený vysokou frekvencí, konstruovaný jako přístroj pro řezání, svařování nebo rytí pro průmyslové aplikace. Systém Marcatex 150/250 Flexi je zcela kompaktní, tzn. všechny prvky jsou integrovány do jedné ovládací skříně. [26]



Obr. 27 - Laserové zařízení Marcatex Flexi 150/250 [26]

Technické údaje:

Vlnová délka	10,6 μm
Špičkový výkon	230/400 W
Napájení	220 V
Vstupní napětí	200 - 240 V
Provozní kmitočet	50/60 Hz

Parametry laserového svazku paprsku:

Rozbíhavost paprsků	< 2,5 mrad
Stabilita směru svazku	< 200 mrad
Průměr svazku	7,5 \pm 0,5 mm
Polarizace	lineární

Ozáření bylo provedeno s použitím komerčního pulzního CO₂ laseru (Marcatex 150/250 Flexi, EasyLaser), poskytující laserový paprsek o vlnové délce 10,6 μm . Ve všech případech se ozařování provádělo jen z jedné strany tkaniny (z lícu).

Nastavení parametrů laseru

V tabulce 2 jsou shrnuty všechny experimentální podmínky při ozáření CO₂ laserem.

Frequency [kHz]	5
Duty cycle [%]	20
Mark speed [bits/ms]	100
Jump speed [bits/ms]	1000
Mark delay [ns]	200
Jump delay [ns]	500
Polygon delay [ns]	100

Tab. 2 - Parametry laseru

„Frequency, duty cycle a markspeed“ mají vliv na intenzitu laserového ozařování. Ostatní parametry vliv nemají.

Byly ozářeny celkem dvě skupiny vzorků. Jedna skupina vzorků bavlny byla ozářena laserem, kde se měnil parametr „duty cycle“ (pracovní cyklus)

Duty cycle [%]	50	40	35	30	25	20	15	12	10
----------------	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Tab. 3 - Použité intenzity laserového záření se změnou „duty cycle“

a druhá skupina, kde se měnil parametr „mark speed“ (rychlost značení).

Mark speed [bits/ms]	50	70	100	120	150	180	200	210	220	240
Čas [s]	195	140	98	83	63	55	48	47	45	41

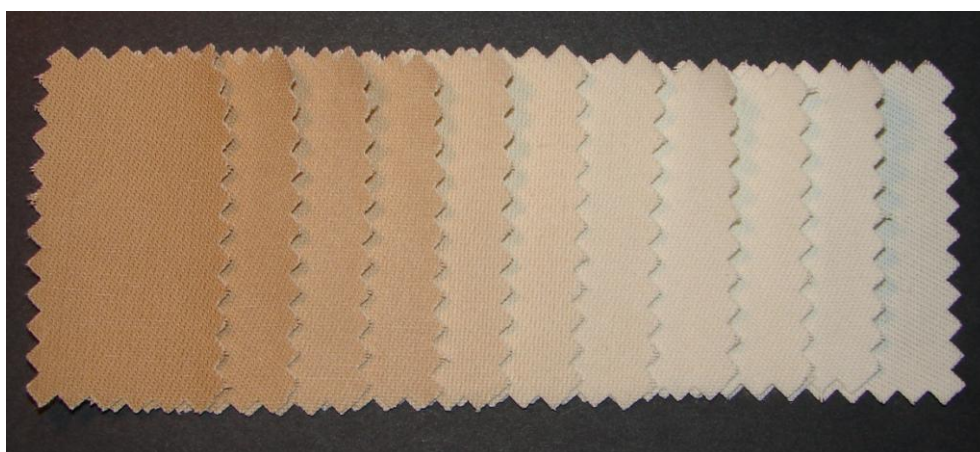
Tab. 4 - Použité intenzity laserového záření se změnou „mark speed“

Při hodnotách „duty cycle“ 10 % nedochází téměř k žádným změnám na neobarvené bavlněné tkanině. Při intenzitě 12 % začíná tkanina žloutnout. Nad 30 % je bavlněná tkanina silně zbarvena do hněda, což má za následek vysoká intenzita ozáření [obr. 28].



Obr. 28 - Neobarvený vzorek bavlny ozářený různou intenzitou laseru (duty cycle)

Při hodnotách „mark speed“ 240 [bits/ms] nedochází téměř k žádným změnám na neobarvené bavlněné tkanině. Tkanina začíná žloutnout při intenzitě 220 [bits/ms]. Nad 70 [bits/ms] je bavlněná tkanina silně zbarvena do hněda, což má za následek vysoká intenzita ozáření. Čím větší je rychlost ozařování, tím nižší je intenzita laserového záření (paprsek projíždí rychleji) [obr. 29].



Obr. 29 - Neobarvený vzorek bavlny ozářený různou intenzitou laseru (mark speed)

7.3 Bavlna obarvená kypovými barvivy vystavená CO₂ laseru

Kypová barviva jsou charakterizována vysokými stálostmi za mokra i vysokou stálostí na světle, kompletní paletou odstínů, dobrou kombinovatelností a možností volby různých postupů barvení.

7.3.1 Použité chemikálie pro barvení kypovými barvivy

Hydroxid sodný, dithioničitan sodný.

7.3.2 Stručná charakteristika použitých chemikálií

Dithioničitan sodný (Na₂S₂O₄)

Je za normálních podmínek a při požáru nevýbušný, teplota samovznícení je 100°C.

Hydroxid sodný (NaOH)

Je bílá, neprůhledná, křehká látka, která snadno přijímá hygroskopickou vlhkost. Má žíravé účinky, nepříznivě působí na životní prostředí zejména škodí vodám.

7.3.3 Použité přístroje a měřící zařízení

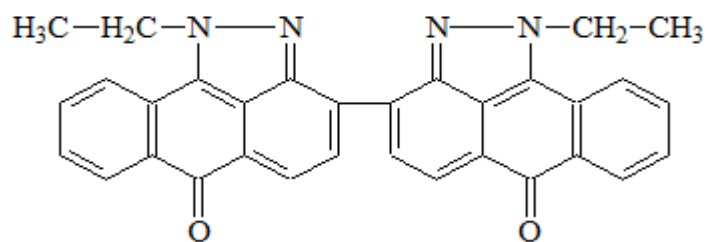
1. Analytické váhy - AB204/A, výrobce - firma Mettler Toledo
2. Sušárna - 3970, výrobce - Chirana
3. Barvicí aparát AHIBA

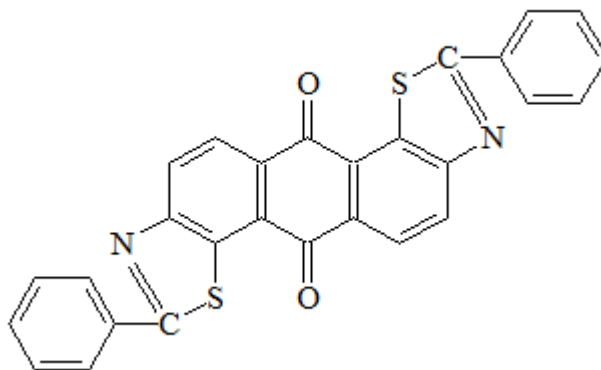


Obr. 30 - Barvicí aparát AHIBA [27]

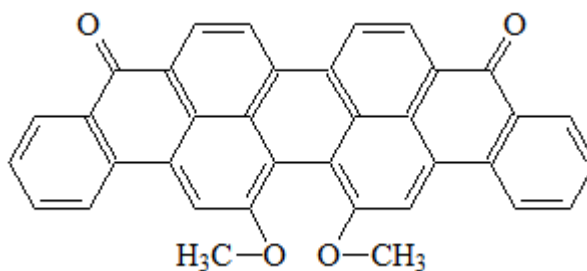
7.3.4 Barvení

Barvení bylo provedeno na bavlněné tkanině. Použila se kypová barviva Ostanthrenový rubín R, Ostanthrenová žluť GC, Ostanthrenová zeleň FFB.





Obr. 32 - Strukturní vzorec Ostanthrenová žlutá GC
(C. I. Vat Yellow 2)



Obr. 33 - Strukturní vzorec Ostanthrenová zeleň FFB
(C. I. Vat Green 1)

Pro každé barvivo byl připraven zásobní roztok o koncentraci 2 g.l⁻¹.

Před prováděním zkoušky se vzorek materiálu zbavil všech nečistot.

Barvení probíhalo po jednotlivých partiích. Tkanina byla obarvena v následující koncentrační řadě:

0,2 % 0,5 % 1 % 1,5 % 3 %

Všechny tkaniny byly obarveny postupem M I.

Složení barvicí lázně:

x % barvivo Ostanthrenová zeleň FFB

Ostanthrenová žluť GC

Ostanthrenový rubín R

destilovaná voda

přídavek hydroxidu sodného a dithioničitanu sodného

	Celkový obsah chemikálií	
% vybarvení	NaOH [ml.l ⁻¹]	Na ₂ S ₂ O ₄ [g.l ⁻¹]
0,2	1,875	0,325
0,5	1,95	0,35
1	2,025	0,375
1,5	2,1	0,4
3	2,5	0,45

Tab. 5 - Obsah chemikálií v barvicí lázni**Podmínky barvení:**

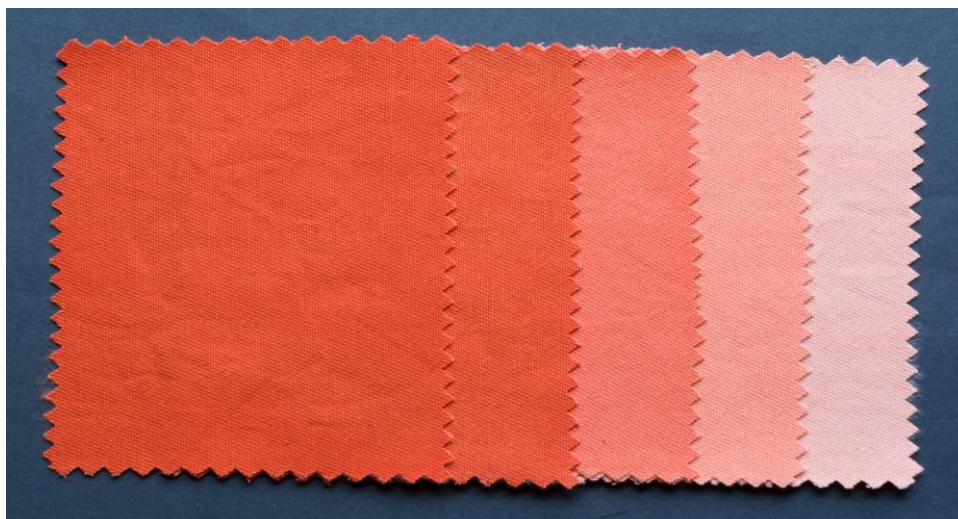
poměr lázně 1:50

teplota barvení 96°C

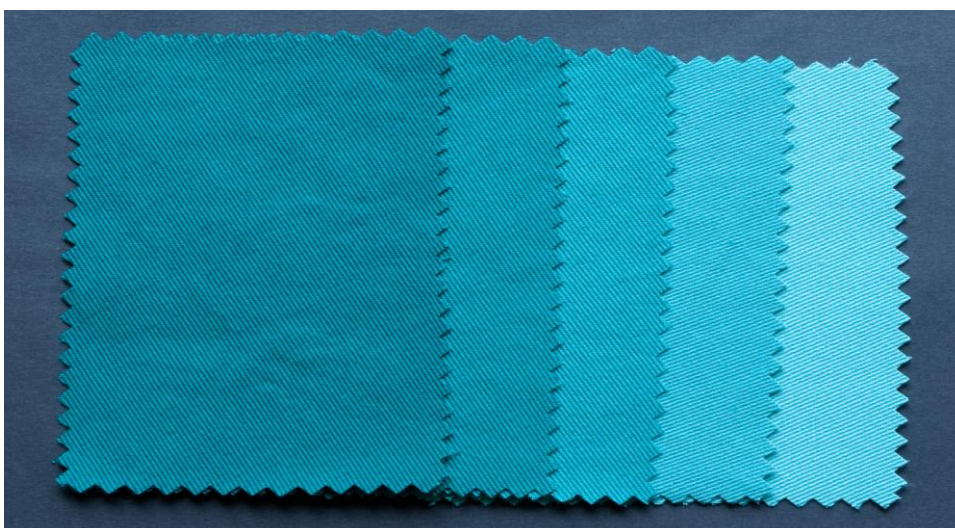
doba barvení 60 minut

Pro každý vzorek o hmotnosti 5 g byla připravena do patrony barvicí lázeň o objemu 250 ml. Nejdříve byl do patrony odpipetován zásobní roztok barviva s koncentrací 2g/l. Následoval přídavek hydroxidu sodného a dithioničitanu sodného. Poté byla lázeň doplněna na 250 ml destilovanou vodou. Patrona byla uzavřena a vložena do barvicího aparátu Ahiba.

Po uplynutí doby barvení byla barvicí lázeň z patrony vypuštěna a následovalo oplachování (teplou a studenou vodou) a závěrečné sušení v laboratorní sušárně Chirana při teplotě 100°C.



Obr. 34 - Koncentrační řada Ostanthrenový rubín R



Obr. 35 - Koncentrační řada Ostanthrenová zeleň FFB



Obr. 36 - Koncentrační řada Ostanthrenová žlut' GC

Všechny obarvené tkaniny byly vystaveny laserovému záření o různých intenzitách (viz tabulka 6).

Vzorek	0	1	2	3	4	5
Duty cycle [%]	0	10	15	25	35	50
Mark speed [bits/ms]	0	100	100	100	100	100

Tab. 6 - Použité intenzity laserového záření

Všechny ostatní parametry při ozáření CO₂ laserem jsou shrnuty v kapitole 7.2.1.

7.3.5 Změna barevnosti po aplikaci laserového záření

Na Datacoloru byla naměřena remisní spektra vzorků obarvené i neobarvené bavlny ozářené laserem. Pro výpočet K/S hodnot byla použita Kubelka - Munkova rovnice:

$$\frac{K}{S} = \frac{(1-R)^2}{2R} \quad (6)$$

K.....absorpční koeficient [-]

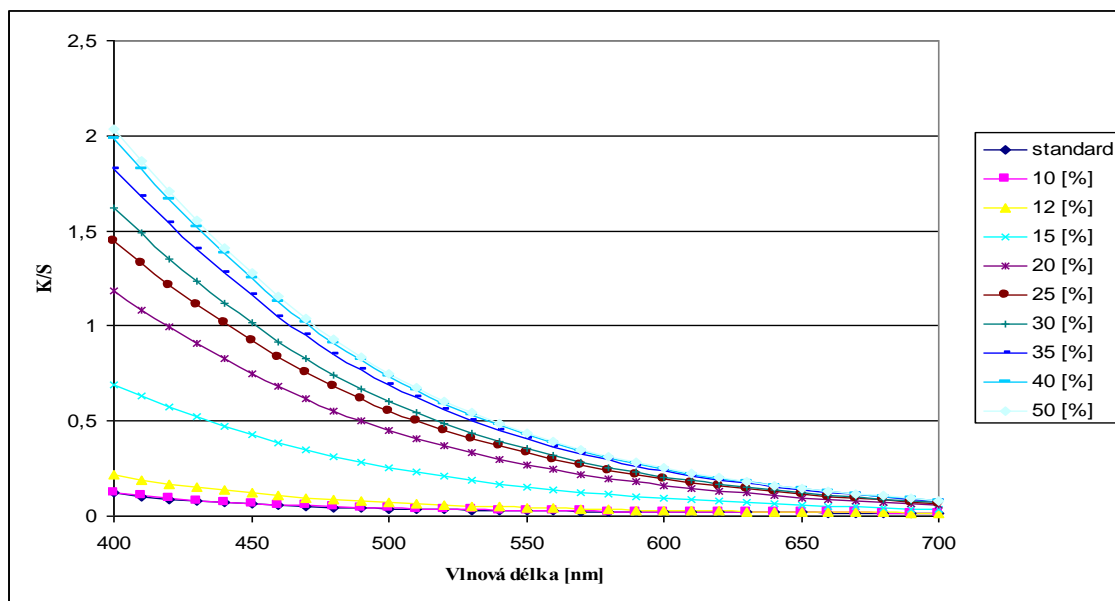
S.....rozptylový koeficient [-]

R.....remisní stupeň [-]

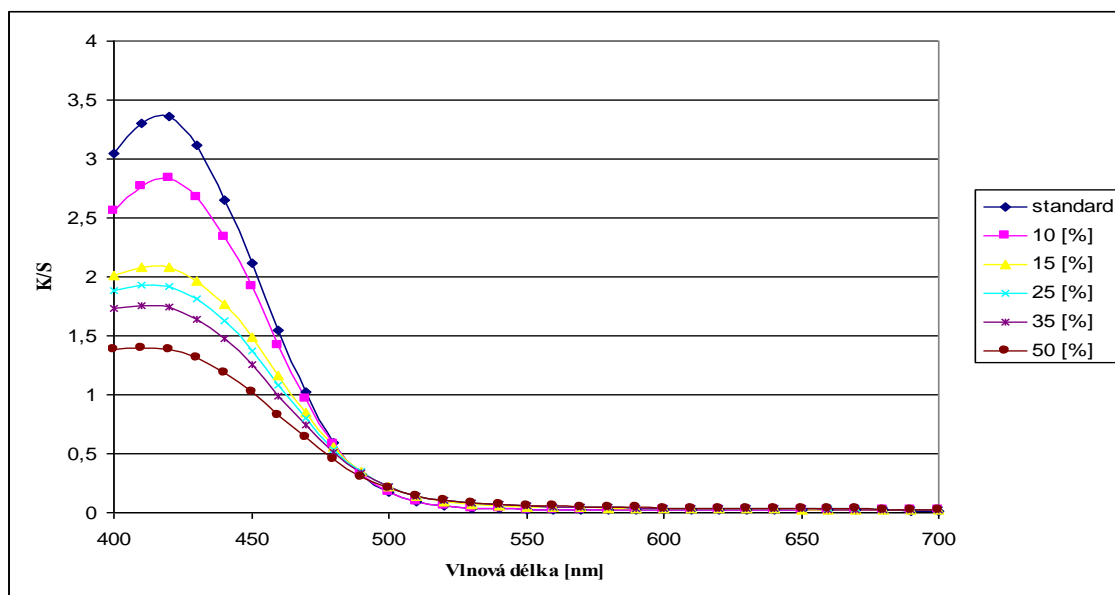
Intenzitu vypočítáme podle vzorce:

$$I = \sum_{395}^{705} \frac{K}{S} \cdot 10 \quad (7)$$

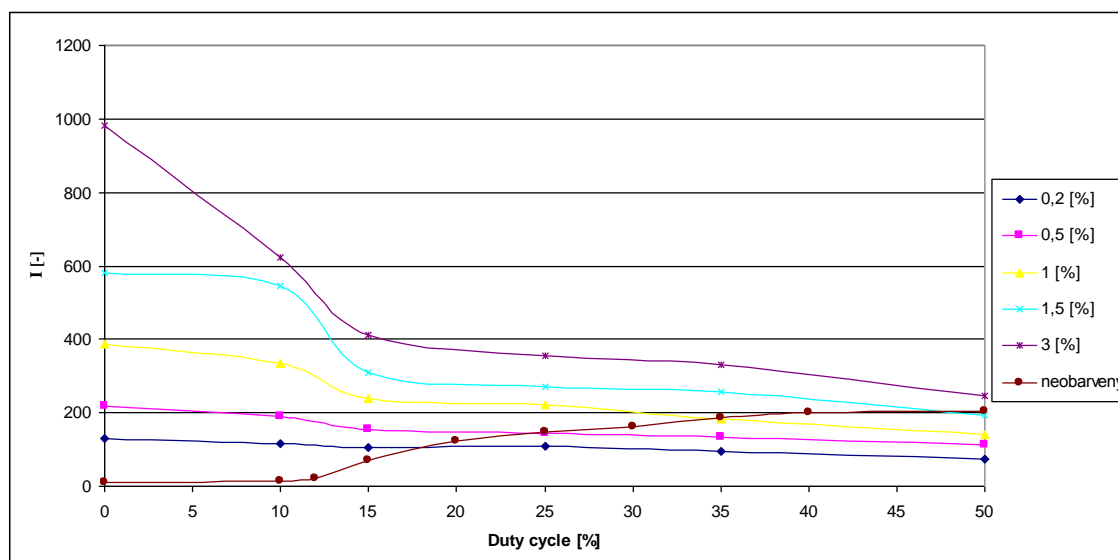
7.3.6 Výsledky měření



Graf 1 - Změna barevnosti po aplikaci laserového záření (neobarvené vzorky)



Graf 2 - Změna barevnosti po aplikaci laserového záření (Ostanthrenová žlutá GC, 0,5%)



Graf 3 - Změna intenzity vybarvení (Ostanthrenová žlut' GC, neobarvený vzorek)

Za účelem stanovení optimálních barevných změn byly měřeny hodnoty K/S, CIE L* a* b* souřadnice s použitím spektrofotometru.

Graf 1 znázorňuje změnu barevnosti neobarvených vzorků po aplikaci laserového záření. Graf 2 znázorňuje změnu barevnosti vzorků obarvených pomocí Ostanthrenové žlutí GC po aplikaci laserového záření v porovnání se vzorkem neozářeným (standardem). Z grafu je patrný pokles hodnot K/S - barevnost klesá se zvyšujícím se stupněm intenzity laserového záření. V porovnání neozářeného vzorku (standardu) se vzorkem s nejvyšší intenzitou laserového záření došlo k poklesu K/S hodnot o více než 50 %.

Na grafu 3 jsou znázorněné změny intenzit vybarvení vzorku obarveného Ostanthrenovou žlutí GC a neobarveného vzorku. Nejprve dochází k poškození barviva a při hodnotě „duty cycle“ 18% začíná docházet k poškození materiálu. Z tohoto experimentu vyplývá, že na povrchu materiálu vzniká ochranný efekt barviva, který chrání materiál proti laserovému záření.

Všechny grafy jsou uvedeny na konci práce v příloze A (1 - 17).

7.4 Mechanické vlastnosti bavlněné tkaniny

7.4.1 Testovací zařízení TiraTest 2300

Měření se provedlo na trhačím stroji TiraTest 2300. Jedná se o dynametr, který umožňuje zkoumání mechanických vlastností materiálů, především jednoosé namáhání v tahu a tlaku.



Obr. 37 - Trhačí přístroj TiraTest 2300 [28]

Pomocí trhačího přístroje se zkoumala nepoškozená bavlněná tkanina a tkanina, která byla vystavena laserovému záření různých intenzit (viz kapitola 7.2.1).

Bavlna se testovala na pevnost v tahu, jednak v osnově, jednak v útku. Nutnost zkoušek v obou směrech vyžaduje okolnost, že pevnost tkaniny v osnově a útku se liší.

Z každého vzorku se provedlo 5 zkoušek a pro praktickou hodnotu pevnosti v tahu se vytvořil z naměřených hodnot aritmetický průměr.

Pro měření měly vzorky tvar obdelníku o velikosti 50 x 300 mm. Před začátkem měření se provedla automatická kalibrace přístroje a nastavila se upínací délka 200 mm mezi čelistmi.

Čelisti trhacího přístroje byly v základní poloze. Proužek zkoušené textilie se upnul do čelistí tak, aby byl umístěn jedním koncem doprostřed horní upínací čelisti a druhým koncem vzorku do upínací čelisti dolní. Spustil se start zkoušky, přičemž se na obrazovce počítače vykreslovala tahová křivka.

Po přetrhu upnuté tkaniny se přístroj sám zastavil a čelisti se vrátily do základní polohy pro upínání vzorků.

7.4.2 Výsledky měření

Výsledkem této zkoušky byla tabulka naměřených hodnot a vykreslení křivky pevnosti. Tabulka naměřených hodnot obsahuje maximální tahové síly, čas zkoušky do přetrhu, deformační práci a také statistické údaje výsledků, jako střední hodnotu, variační koeficient a směrodatnou odchylku.

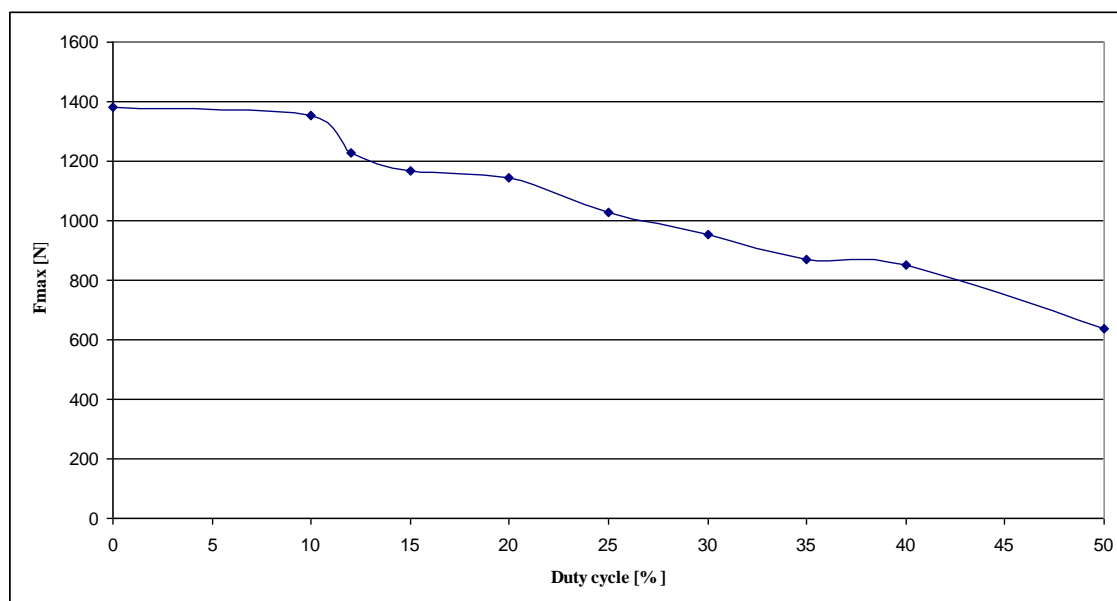
Zkouška	Amax [mm]	W [J]	Fmax [N]	E [Mpa]	Amax [%]	Fmax [N]	t [sec]	W [J]
1	24,53	13,02	1358,24	158,79	12,26	1358,24	13,72	13,02
2	24,31	12,23	1325,54	156,79	12,16	1325,54	13,66	12,22
3	23,98	12,25	1345,05	160,55	11,99	1345,05	13,38	12,25
4	24,96	11,95	1341,35	151,53	12,48	1341,35	13,92	11,95
5	23,88	12,08	1390,48	159,54	11,94	1390,48	13,32	12,08
STAT	Amax [mm]	W [J]	Fmax [N]	E [Mpa]	Amax [%]	Fmax [N]	t [sec]	W [J]
Počet zkoušek	5	5	5	5	5	5	5	5
Průměrná hodnota zkoušek	24,33	12,3	1352,13	157,44	12,17	1352,13	13,6	12,3
Směrodatná odchylka zkoušek	0,44	0,42	24,40	3,58	0,22	24,4	0,25	0,42
Variační koeficient zkoušek	1,8	3,39	1,8	2,27	1,8	1,8	1,83	3,4
Minimální hodnota zkoušek	23,88	11,95	1325,54	151,53	11,94	1325,54	13,32	11,95
Maximální hodnota zkoušek	24,96	13,02	1390,48	160,55	12,48	1390,48	13,92	13,02

Tab. 7 - Hodnoty ozářeného vzorku „duty cycle 12 %“ po provedení trhací zkoušky (osnova)

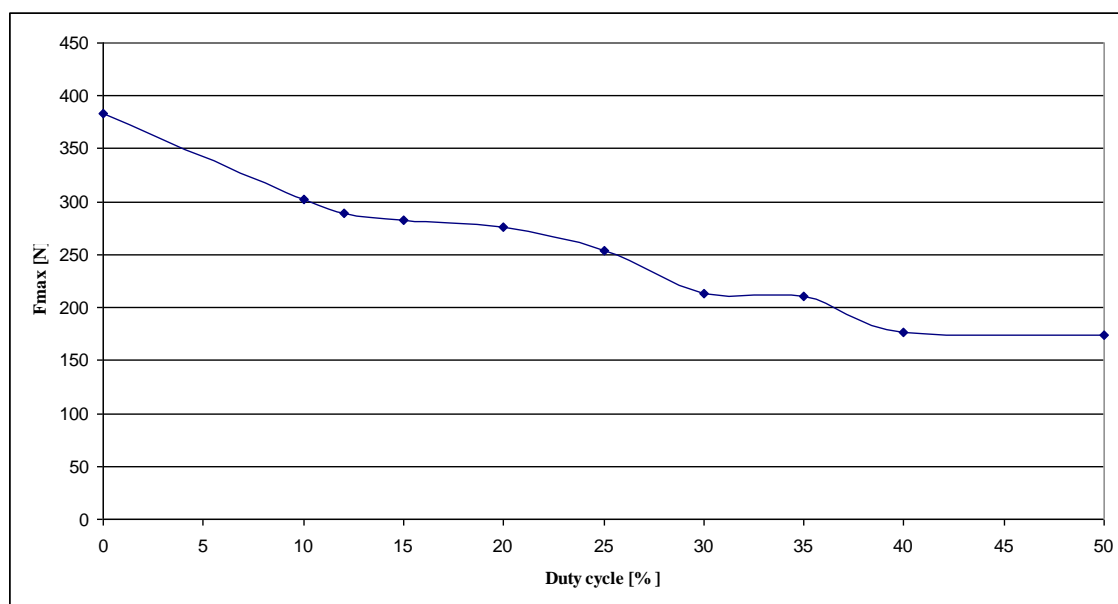
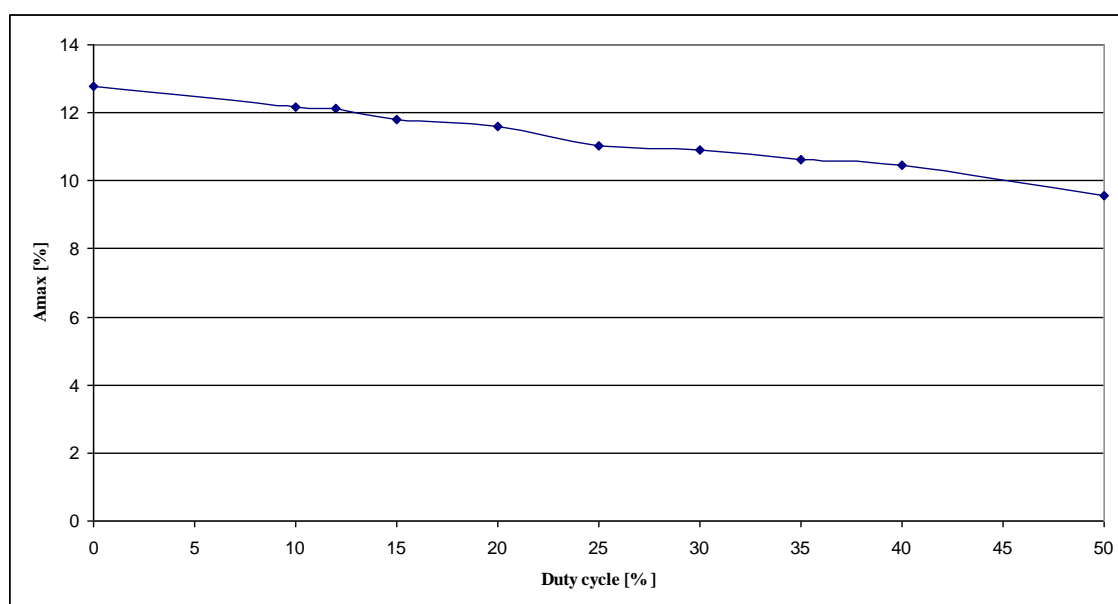
Hodnoty pevnosti a tažnosti nepoškozené bavlněné tkaniny a tkanin vystavených různým intenzitám laseru se shrnuly do jedné tabulky.

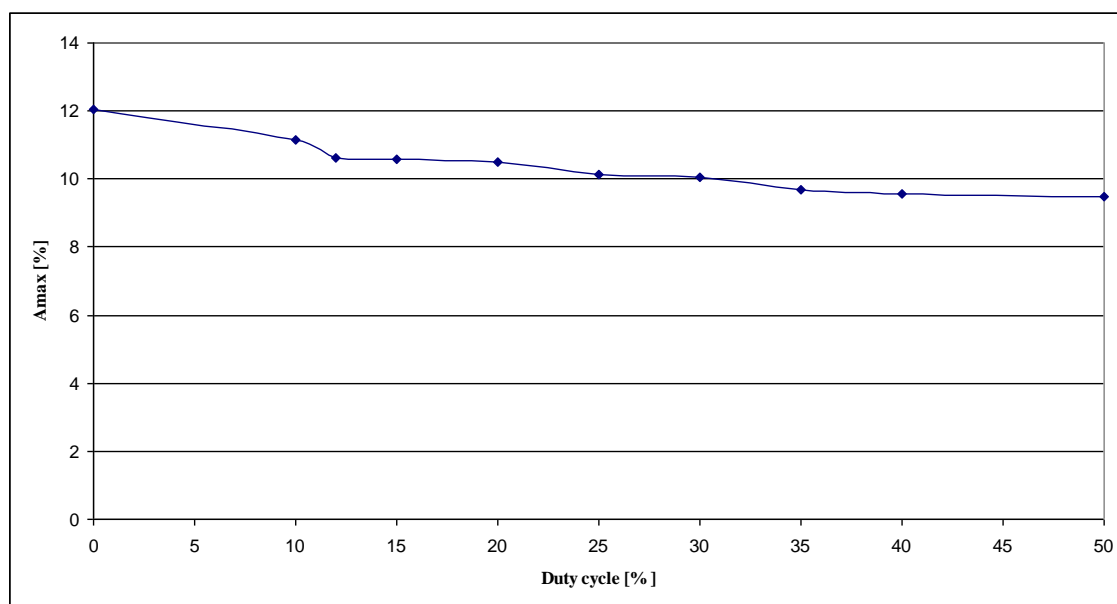
Vzorek	Mark speed [bits/ms]	Duty cycle [%]	Pevnost F_{\max} [N]		Tažnost A_{\max} [%]	
			osnova	útek	osnova	útek
0	0	0	1382,69	383,2	12,79	12,05
1	100	10	1352,13	302,01	12,17	11,14
2	100	12	1227,13	289,02	12,12	10,61
3	100	15	1169,61	282,2	11,79	10,57
4	100	20	1144,94	276,17	11,61	10,5
5	100	25	1029,5	254,15	11,04	10,12
6	100	30	952,24	213,04	10,9	10,04
7	100	35	869,28	210,82	10,63	9,69
8	100	40	853,08	176,74	10,44	9,55
9	100	50	638,79	174,14	9,57	9,47

Tab. 8 - Pevnost a tažnost nebarvené bavlněné tkaniny se změnou parametru „duty cycle“



Graf 4 - Pevnost tkaniny ve směru osnova (duty cycle)

**Graf 5 - Pevnost tkaniny ve směru útku (duty cycle)****Graf 6 - Tažnost tkaniny ve směru osnovy (duty cycle)**



Graf 7 - Tažnost tkaniny ve směru útku (duty cycle)

Z grafů je patrné, že působení jakékoliv intenzity laserového záření na tkaninu způsobuje pokles pevnosti a tažnosti ve směru osnovy i útku. Čím vyšší je intenzita záření, tím nižší jsou hodnoty pevnosti a tažnosti. Nejvýznamější pokles pevnosti i tažnosti vznikl při nejvyšší intenzitě laserového ozařování. Pokles pevnosti i tažnosti je vyšší ve směru osnovy v porovnání se směrem útku.

Všechny grafy pevnosti a tažnosti a tabulky naměřených hodnot jsou uvedeny na konci práce v příloze B.

7.5 Stanovení stupně poškození bavlny

Jednou z hlavních a nejčastěji používaných metod kvantitativního stanovení hydrocelulózy a současně i srovnávacího stanovení stupně poškození celulóзовého vlákna je stanovení čísla mědi. Je to dohodnutá veličina, která je ukazatelem redukční schopnosti vlákna a tím přítomnosti aldehydických skupin.

Této metody lze použít pouze pro analýzu rezných textilních výrobků. [21]

7.5.1 Použité chemikálie pro stanovení měďného čísla

Pentahydrát síranu měďnatého, hydroxid sodný, síran železitý, kyselina sírová, Seignettova sůl, oxid měďnatý, manganistan draselný.

7.5.2 Stručná charakteristika použitých chemikálií

Pentahydrát síranu měďnatého ($\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$)

Je to modrý prášek ve vodném stavu, nejdůležitější soli mědi.

Hydroxid sodný (NaOH)

Je bílá, neprůhledná, křehká látka, která snadno přijímá hygroskopickou vlhkost. Má žíravé účinky, nepříznivě působí na životní prostředí zejména škodí vodám.

Oxid měďnatý (CuO)

V přírodě se vyskytuje jako minerál tenorit. Je to černá pevná látka tající nad teplotou 1200°C , kdy dochází k rozkladu. Vzniká zahříváním mědi na vzduchu.

Manganistan draselný (KMnO_4)

Je dobře rozpustný ve vodě za vzniku temně fialového roztoku. Díky silným oxidačním vlastnostem manganistanu dochází pomalu k jeho částečnému rozkladu na oxid manganičitý a z vody se uvolňuje kyslík.

Kyselina sírová (H_2SO_4)

Je v koncentrovaném stavu hustá, olejnatá kapalina, neomezeně mísitelná s vodou. Koncentrovaná má silné dehydratační a oxidační (zvláště za horka) účinky. Je velmi nebezpečnou žíravinou, způsobuje dehydrataci organických látek.

Síran železitý ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$)

Je krystalická látka hnědé barvy, která přechází opatrným zahříváním na bezvodou sůl. Při vyšší teplotě se rozkládá. Roztok síranu železitého je mírně kyselý.

7.5.3 Příprava Fehlingova roztoku

Fehlingův roztok se získal slitím stejných objemů Fehlingových roztoků I a II.

Fehling I

69,28 g pentahydrátu síranu měďnatého se rozpustilo v 500 ml destilované vody. Poté se přidalo několik kapek kyseliny sírové. Takto připravený roztok se v 1000 ml odměrné baňce doplnil po rysku destilovanou vodou.

Fehling II

140 g hydroxidu sodného se smíchalo s 350 g Seignettovy soli a doplnilo v 1000 ml odměrné baňce po rysku destilovanou vodou.

Příprava Fe^{3+}

25 g síranu železitého se rozpustilo v 200 ml destilované vody. Poté se přidalo 100 g koncentrované kyseliny sírové. Takto připravený roztok se v 500 ml odměrné baňce doplnil po rysku destilovanou vodou.

7.5.4 Stanovení měďného čísla

Test se aplikoval na laserem poškozené vzorky bavlny i na bavlnu nepoškozenou (viz kapitola 7.2.1).

Před prováděním zkoušky se vzorek materiálu zbavil všech nečistot. Vzorek se rozstříhal na malé kousky a pak vysušil do konstantní hmotnosti.

Přesně zvážený vzorek se vložil na 3 minuty do vroucího Fehlingova roztoku. Poté se vzorek propláchnul velkým množstvím horké a studené vody. Promytá vlákna, která obsahovala vyloučený oxid měďnatý se v baňce převrstvila 25 ml studeného silně kyselého roztoku Fe^{3+} . Po několika minutách se všechno oxid měďnatý rozpustil - zoxidoval se na Cu^{++} . Ze vzorku zmizela hnědá sraženina.

Celý obsah kádinky se přefiltroval a vlákna se promyla 15 ml horké a pak 15 ml studené vody. Vlákna se odmačkla a veškerá kapalina se zachytila pro následnou titraci. Zachycené Fe^{3+} ionty ve filtrátu se titrovali 0,01N roztokem manganistanu draselného. Titrace probíhala až do prvního trvalého růžového zabarvení titrovaného vzorku.

Naměřené hodnoty se zpracovaly pomocí následujícího vztahu:

$$\check{C}_{Cu} = \frac{0,318 \cdot n}{m_s - m_s \cdot v / 100} \quad (8)$$

n.....spotřeba 0,01N roztoku KMnO_4 [ml]

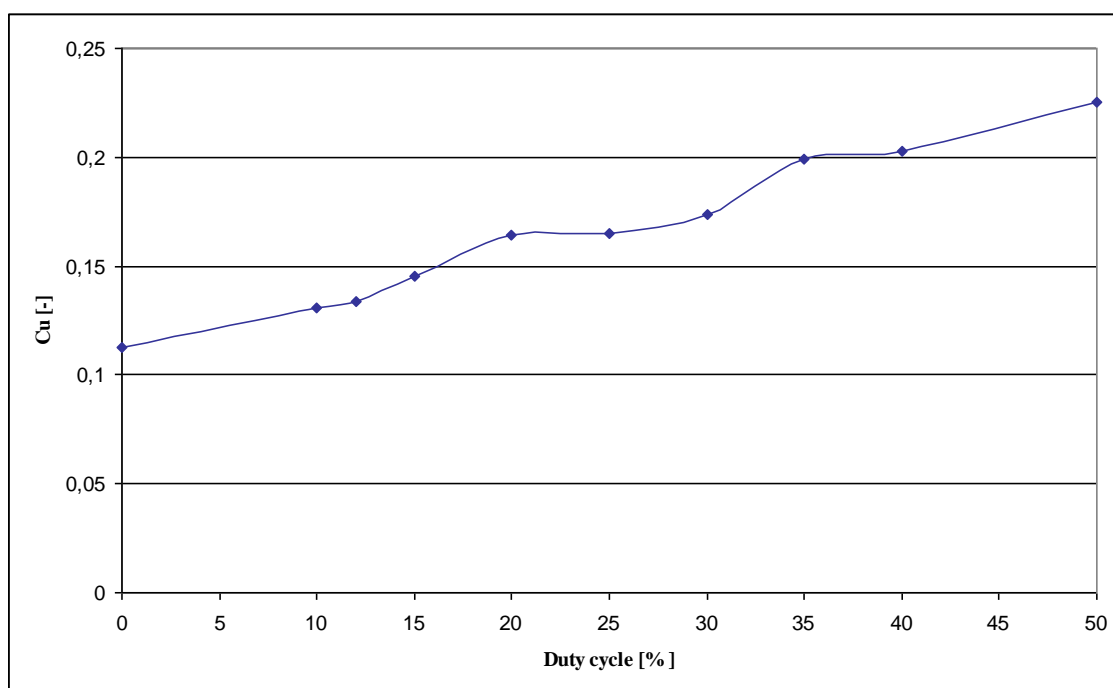
m_shmotnost navážky „vzduchosuché“ [g]

v.....obsah vody v navážce

7.5.5 Výsledky měření

Vzorek	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Duty cycle [%]	0	10	12	15	20	25	30	35	40	50
Mark speed [bits/ms]	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Měďné číslo [-]	0,113	0,131	0,134	0,145	0,164	0,165	0,174	0,199	0,203	0,225

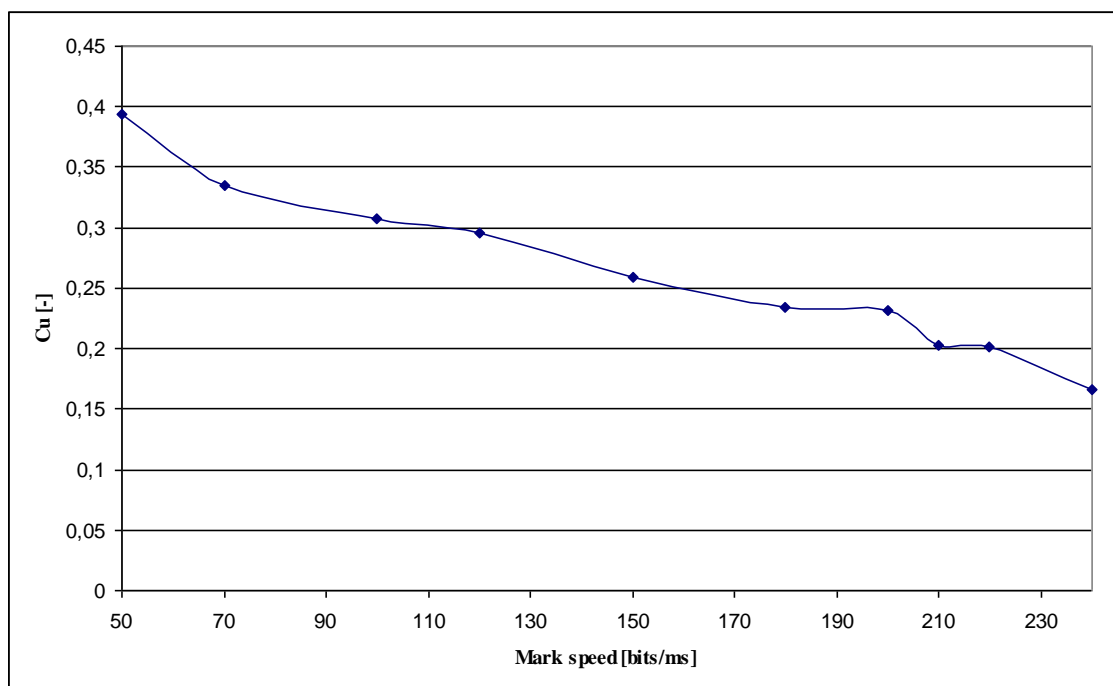
Tab. 9 - Hodnoty měďného čísla „duty cycle“



Graf 8 - Měďné číslo tkaniny „duty cycle“

Vzorek	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Duty cycle [%]	0	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Mark speed [bits/ms]	0	240	220	210	200	180	150	120	100	70	50
Měďné číslo [-]	0,113	0,166	0,201	0,203	0,232	0,234	0,259	0,295	0,307	0,335	0,394

Tab. 10 - Hodnoty měďného čísla „mark speed“



Graf 9 - Měďné číslo tkaniny „mark speed“

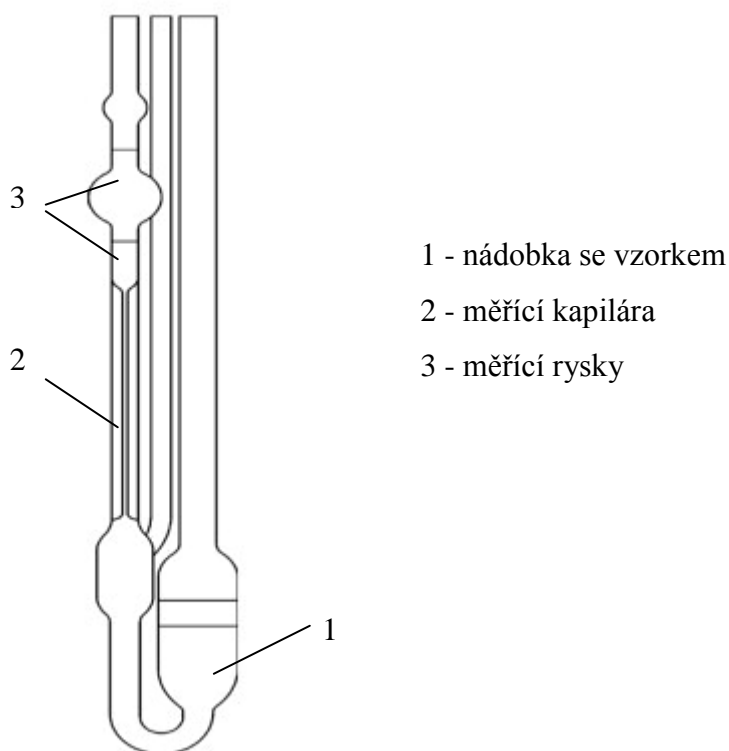
Naměřené hodnoty měďného čísla jsou zobrazeny v tab. 9,10. Z grafů vyplývá, že se stoupající intenzitou laserového ozařování se zvyšuje stupeň poškození bavlny, a tím měďné číslo roste. Nejvyšší nárůst měďného čísla vznikl při nejvyšší intenzitě ozařování.

7.6 Stanovení průměrného polymeračního stupně bavlny

Stanovení průměrného polymeračního stupně celulóзовých vláken je poměrně náročné, vzhledem ke spotřebě času a aparaturního zařízení. Snižování průměrného polymeračního stupně vlivem poškozujících reakcí se projevuje v klesající viskozitě roztoku celulózy. Nejběžněji užívanou metodou ke stanovení střední molekulové hmotnosti, nebo průměrného polymeračního stupně, je metoda viskozimetrická.

7.6.1 Použité přístroje pro stanovení PPS

1. Termostat - DC 10, výrobce - firma Haake
2. Analytické váhy - AB204/A, výrobce - firma Mettler Toledo
3. Třepačka, výrobce - Sklářny Kavalier n.p. Sázava
4. Sušárna - 3970, výrobce - Chirana
5. Ubbelohdeho viskozimetr - U2 (průměr kapiláry 0,65 mm)



Obr. 38 - Ubbelohdeho viskozimetr [29]

7.6.2 Použité chemikálie pro stanovení PPS

Metoda DIN 54 270 - chlorid železitý, tartrát sodný (vínan sodný), hydroxid sodný, amoniak, kyselina octová, Chelaton III (sodná sůl kyseliny ethylendiamintetraoctové).

7.6.3 Stručná charakteristika použitých chemikálií

Chlorid železitý ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)

Je pevná látka nažloutlé barvy s žíravými a leptavými účinky.

Vínan sodný ($\text{C}_4\text{H}_4\text{Na}_2\text{O}_6 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)

Netoxický bílý krystalický prášek.

Hydroxid sodný (NaOH)

Je bílá, neprůhledná, křehká látka, která snadno přijímá hygroskopickou vlhkost. Má žíravé účinky, nepříznivě působí na životní prostředí, zejména škodí vodám.

Dichlormethan (CH_2Cl_2)

Je bezbarvá, ve směsi se vzduchem nehořlavá kapalina. Má toxické účinky, především působí poruchy centrálního nervového systému.

Kyselina octová (CH_3COOH)

Je bezbarvou, hořlavou kapalinou, která se vyznačuje pronikavým zápachem. Má silně leptavé účinky a je zdraví škodlivá, nebezpečí spočívá hlavně při vdechování výparů.

7.6.4 Metoda DIN 54 270 - roztok komplexu vínanu železitého

217,09 g vínanu sodného se třepáním rozpustilo v 550 ml destilované vody. Před navážkou 81,09 g byl chlorid železitý rozdrcen, k roztoku vínanu se přidával práškovou násypkou. Takto připravený roztok se 10 - 15 minut třepal a následně ochladil na teplotu 10 - 15°C.

Dále se rozpustilo 96 g hydroxidu sodného ve 180 ml destilované vody a tento roztok se ochladil. Ochlazený roztok hydroxidu se kapací nálevkou po kapkách přidával k roztoku vínanu sodného a třepáním se oba roztoky promísily. Při tomto míšení nesměla teplota připravovaného roztoku překročit 18°C, proto bylo nutné připravovaný roztok ochladit. Takto připravený roztok se v 1000 ml odměrné baňce doplnil po rysku destilovanou vodou o teplotě 20°C. Láhev se uzavřela a dobře protřepala.

Správně připravený roztok byl čirý a měl jasnou světlezelenou barvu. Byl přelit do tmavé láhve a skladován v chladu. [30]

7.6.5 Rozpouštění vzorku metodou DIN 54 270

Metoda se aplikovala na nepoškozená bavlněná vlákna a vlákna, která byla vystavena laserovému záření různých intenzit (viz tabulka 11).

Vzorek	0	1	2	3	4
Duty cycle [%]	0	12	20	35	50
Mark speed [bits/ms]	0	100	100	100	100

Tab. 11 - Použité intenzity laserového záření

Všechny ostatní parametry při ozáření CO₂ laserem jsou shrnuty v kapitole 7.2.1.

Před prováděním zkoušky se vzorek materiálu zbavil všech nečistot.

Z každého materiálu se rozpouštěly dva vzorky a výsledky měření těchto dvou vzorků se nesměly lišit o více než 2,5 %, při dodržení této podmínky se z těchto dvou

výsledků vypočítal aritmetický průměr. V případě vyšší odchylky se měření muselo opakovat.

Navážka se převedla do nádoby, kde se převrstvila 50 ml rozpouštěcího roztoku a 30 s se ručně protřepávala. Při očekávání vysoké hraniční viskozity byla nádoba uložena na jednu hodinu k ledu, poté se znovu protřepala a umístila do třepačky po dobu 16 hodin.

Teplota vzorku při tomto rozpouštění by neměla překročit 18°C. Viskozita se měřila kapilárním viskozimetrem s délkou měřící kapiláry minimálně 100 mm. Této podmínce vyhovoval Ubbelohdeho viskozimetr s průměrem kapiláry 0,65 mm předepsaný pro metodu ČSN. Roztok ve viskozimetru se v termostatu temperoval na teplotu $20 \pm 1^\circ\text{C}$.

Nejprve se měřil čas průtoku rozpouštědla a poté čas průtoku roztoku. Měření každého vzorku se vždy opakovalo třikrát a z těchto tří hodnot se vypočítal aritmetický průměr.

Naměřené hodnoty se zpracovaly pomocí následujících vztahů:

$$\eta_{rel} = \frac{t}{t_0} \quad (9)$$

η_{rel} relativní viskozita

tčas průtoku roztoku [s]

t_0čas průtoku rozpouštědla [s]

$$[\eta] = \frac{\frac{\eta_{rel} - 1}{c}}{1 + K_\eta \cdot (\eta_{rel} - 1)} \quad (10)$$

η_{rel} relativní viskozita

ckoncentrace celulózy [$\text{g} \cdot \text{ml}^{-1}$]

K_η konstanta závislá na typu rozpouštědla (pro železitý komplex vínanu sodného je 0,339)

$$PPS = \frac{[\eta]}{K_M} \quad (11)$$

PPS.....polymerační stupeň

$[\eta]$limitní viskozitní číslo (vnitřní viskozita) $[\text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}]$

K_Mkonstanta pro výpočet polymeračního stupně při koncentraci roztoku $\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ odpovídá hodnotě $8,47 \cdot 10^{-4}$

7.6.6 Výsledky měření

Vzorek	rozpouštědlo	0	1	2	3	4
Duty cycle [%]	-	0	12	20	35	50
Mark speed [bits/ms]	-	0	100	100	100	100
t [s]	243	885	926	1052	1077	1120
PPS [1]	1067	3886	4066	4619	4729	4918

Tab. 12 - Hodnoty PPS „duty cycle“

Naměřené hodnoty časů průtoku kapilárou viskozimetru a vypočtené hodnoty PPS jsou uvedeny v tab. 12. Se vzrůstající intenzitou laserového ozáření poškození bavlny roste, a tím je nižší polymerační stupeň. V našem případě naměřená data vykazovala hodnoty přesně opačné. Může to být způsobené chemickými reakcemi v celulóze vlivem velmi vysoké teploty při ozařování laserem (sítováním, změnou funkčních skupin se mění rozpustnost polymeru a jeho chování v rozpouštědle).

7.7 Rastrovací elektronový mikroskop

7.7.1 Testovací zařízení

Rastrovací elektronový mikroskop pracuje na principu interakce úzkého svazku elektronů s povrchem vzorku. Elektrony jsou emitovány žhavenou katodou, urychlovány v tzv. elektronové trysce a dále pomocí elektromagnetických čoček usměřovány po povrchu pozorovaného předmětu a současně na stínítku přístroje. Po dopadu na předmět dochází k jejich částečnému odrazu - rozptylu a dále k uvolnění fotonů a sekundárních elektronů, které po zesílení modulují jas původního elektronového svazku na monitoru a vytvářejí tak obraz povrchu. Tento způsob elektronové mikroskopie je určen pro pozorování předmětů, které nepropouští elektrony. Metoda vyniká rozsahem zvětšení, vysokou rozlišovací schopností, hloubkou ostrosti a plasticitou obrazu. [31]



Obr. 39 - Rastrovací elektronový mikroskop [31]

Pomocí rastrovacího elektronového mikroskopu se snímala struktura bavlněných vláken. Sledovala se struktura nepoškozeného vlákna a vláken, která byla vystavena laserovému záření různých intenzit (viz tabulka 6).

Vzorek	0	1	2	3	4	5
Duty cycle [%]	0	10	15	25	35	50
Mark speed [bits/ms]	0	100	100	100	100	100

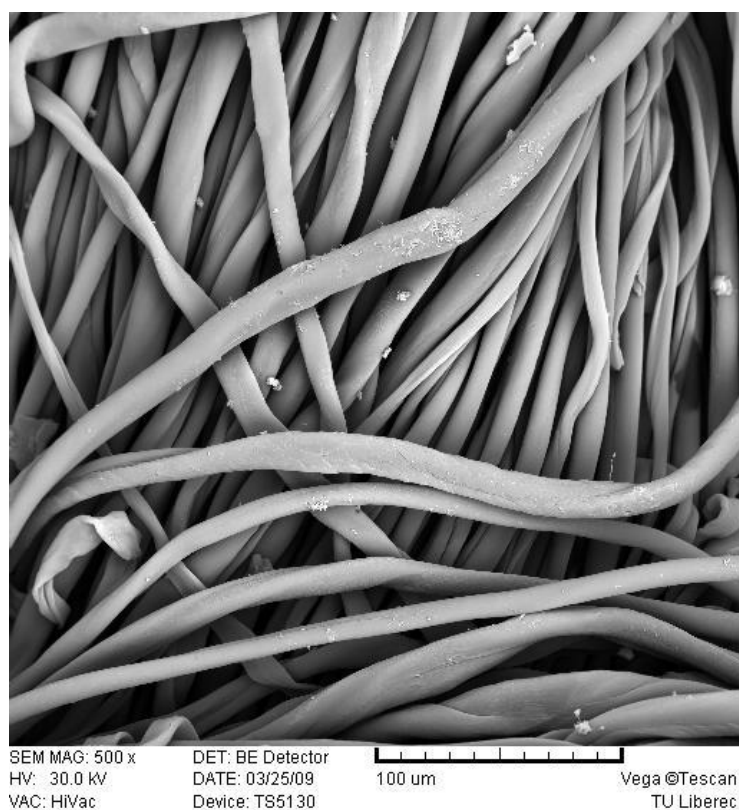
Tab. 6 - Použité intenzity laserového záření

Všechny ostatní parametry při ozáření CO₂ laserem jsou shrnuty v kapitole 7.2.1.

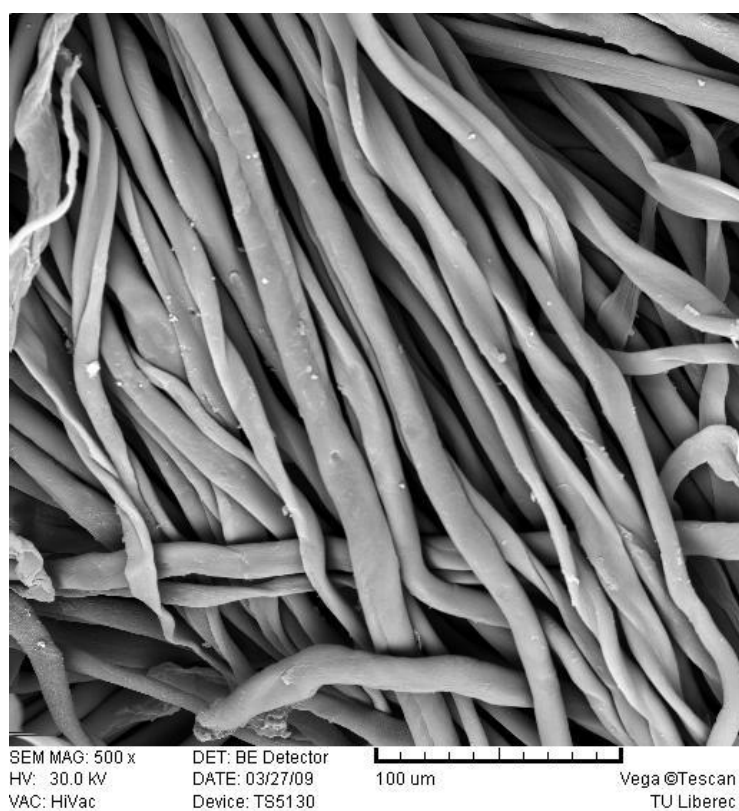
7.7.2 Výsledky měření

Obr. 40 znázorňuje nepoškozenou bavlnu. Její povrch je hladký a není na něm vidět žádné poškození. Na obr. 41 je bavlna, která byla vystavena nejnižší intenzitě laserového záření. Na jejím povrchu nejsou viditelné změny ve struktuře vlákna. Naproti tomu na obr. 42, 43 a 44 jsou změny ve struktuře patrně viditelné.

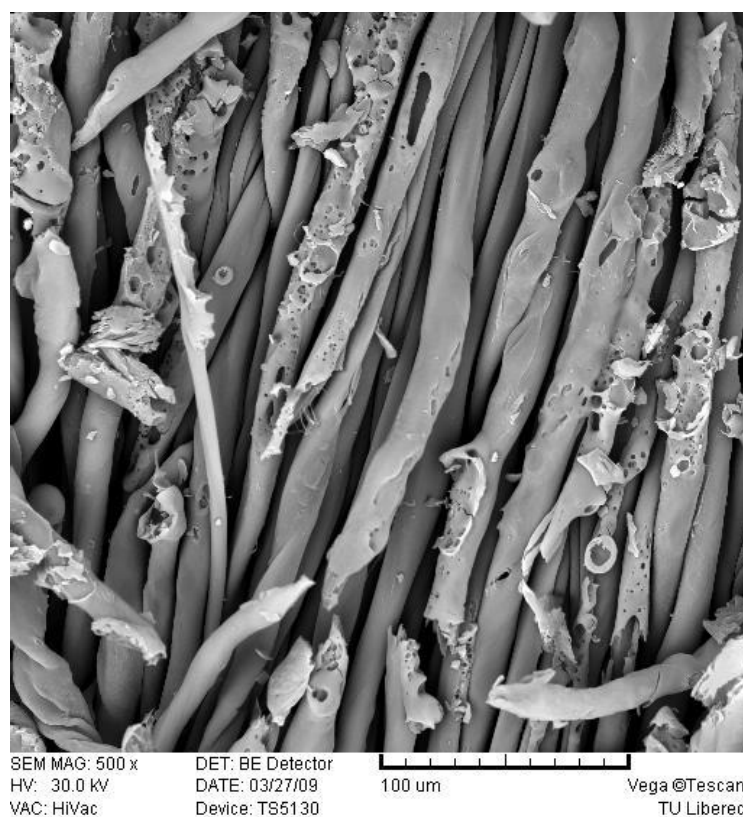
Obr. 45 znázorňuje bavlněná vlákna vystavená laserovému záření s nejvyšší intenzitou, jejíž povrch je značně poškozen.



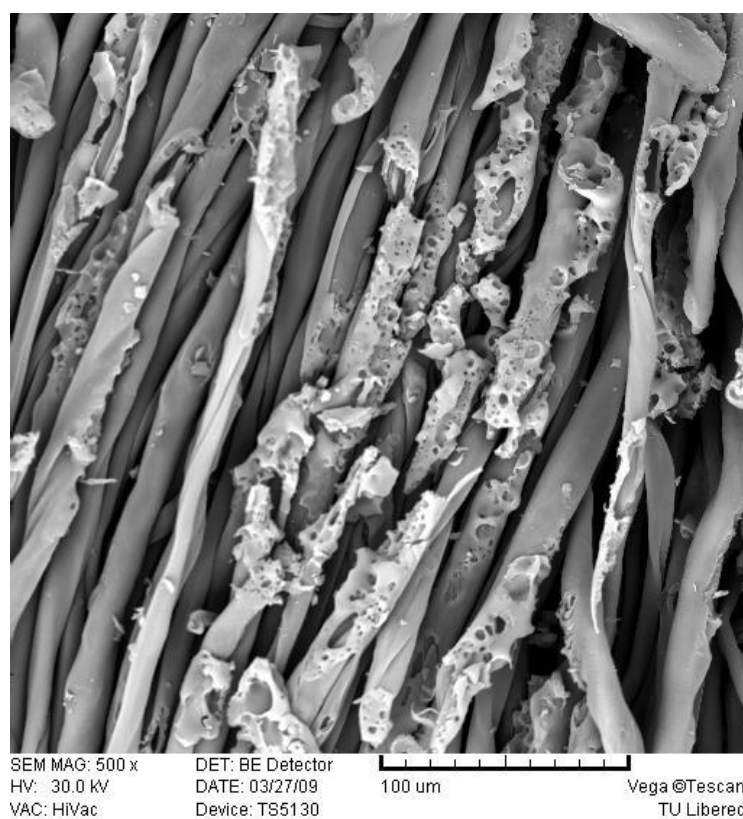
Obr. 40 - Nepoškozená bavlněná vlákna



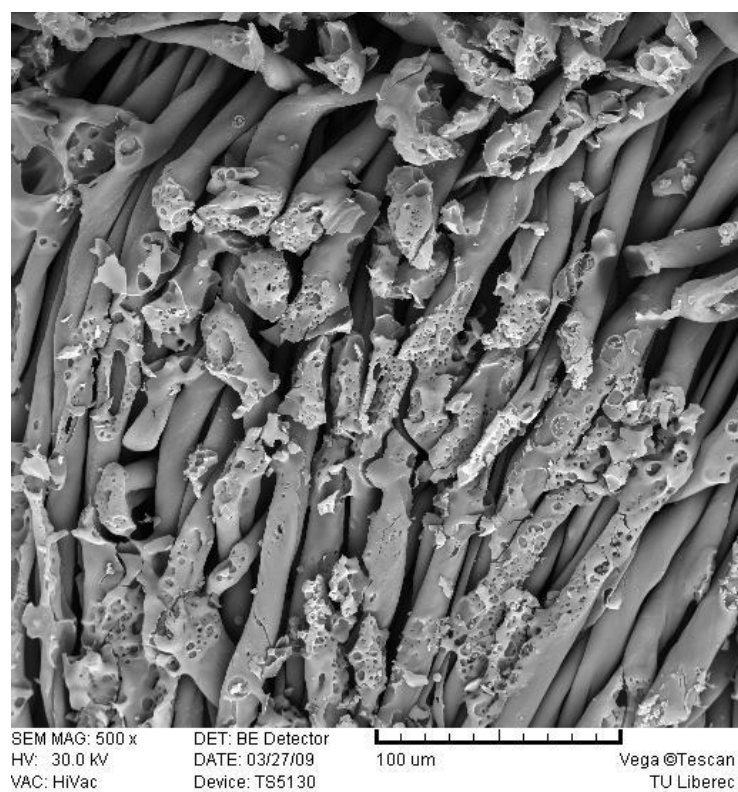
Obr. 41 - Bavlněná vlákna ozářená intenzitou 10 %



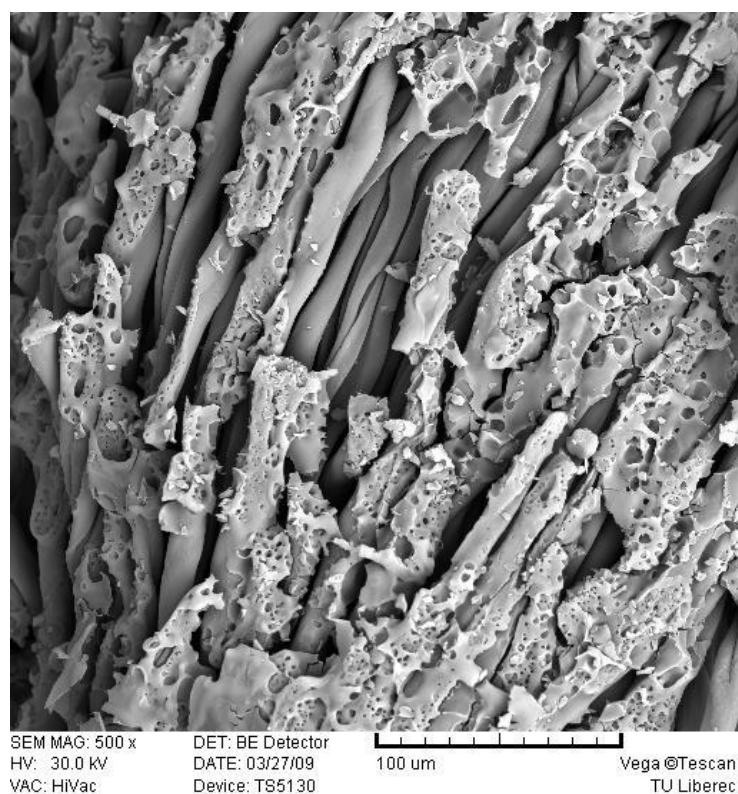
Obr. 42 - Bavlněná vlákna ozářená intenzitou 15 %



Obr. 43 - Bavlněná vlákna ozářená intenzitou 25 %



Obr. 44 - Bavlněná vlákna ozářená intenzitou 35 %



Obr. 45 - Bavlněná vlákna ozářená intenzitou 50 %

Všechny obrázky jsou uvedeny na konci práce v příloze C (obr. 1 - 6).

7.8 Metoda DSC

7.8.1 Testovací zařízení Perkin Elmer

Diferenční skenovací kalorimetrie je metoda založená na principu měření elektrické energie přídatného zdroje, potřebné k vyrovnání teplotních rozdílů vzniklých mezi zahřívaným vzorkem a referenční látkou, tedy k udržení izotermních podmínek. Výsledkem je závislost rozdílu tepelného toku uvolňovaného z měřeného a referenčního vzorku na teplotě v případě dynamického měření nebo na čase při konstantní teplotě v případě izotermického měření. Výskyt extrémů na měřených křivkách odpovídá exo- nebo endotermickým procesům probíhajícím v měřeném vzorku. Tím lze určit například fázové přechody, bod tání a tuhnutí, krystalizaci, čistotu, tepelnou kapacitu, oxidačně-redukční reakce atd.



Copyright © 1999-2009 Artisan Scientific

Obr. 46 - Přístroj DSC 6 Perkin Elmer [32]

K měření byl použit přístroj DSC 6 Perkin Elmer chlazený dusíkem, který je na Katedře textilních materiálů.

Pomocí DSC 6 byla zkoumána nepoškozená bavlněná vlákna a barviva, kterými byla tkanina obarvena.

Použila se kypová barviva Ostanthrenový rubín R, Ostanthrenová žluť GC, Ostanthrenová zeleň FFB.

Příprava vzorku probíhala tak, že se materiál nařezal žiletkou na velmi malé kousky o hmotnosti asi 10 mg. Vlákna se vložila do hliníkové kapsle o průměru 5 mm.

Ještě před vložením nastříhaných vláken musela být prázdná kapsle zvážena na laboratorních vahách. Následně byla zvážena hliníková kapsle spolu se vzorkem vláken a od naměřené hodnoty byla odečtena hmotnost prázdné kapsle. Získaná hodnota je hmotnost vláken použitých pro měření, která je důležitá pro výsledné měření na přístroji DSC.

Hliníková kapsle se vzorkem byla pevně uzavřena ručním lisem a vložena do komory, do které je přiváděn dusík.

Program, kterým se vzorek analyzoval, byl následující:

- Začátek měření - udržování teploty 25°C 1 min
- Zahřívání z 25°C na 450°C rychlostí 10°C/min
- Ochlazování z 450°C na 25°C rychlostí 10°C/min

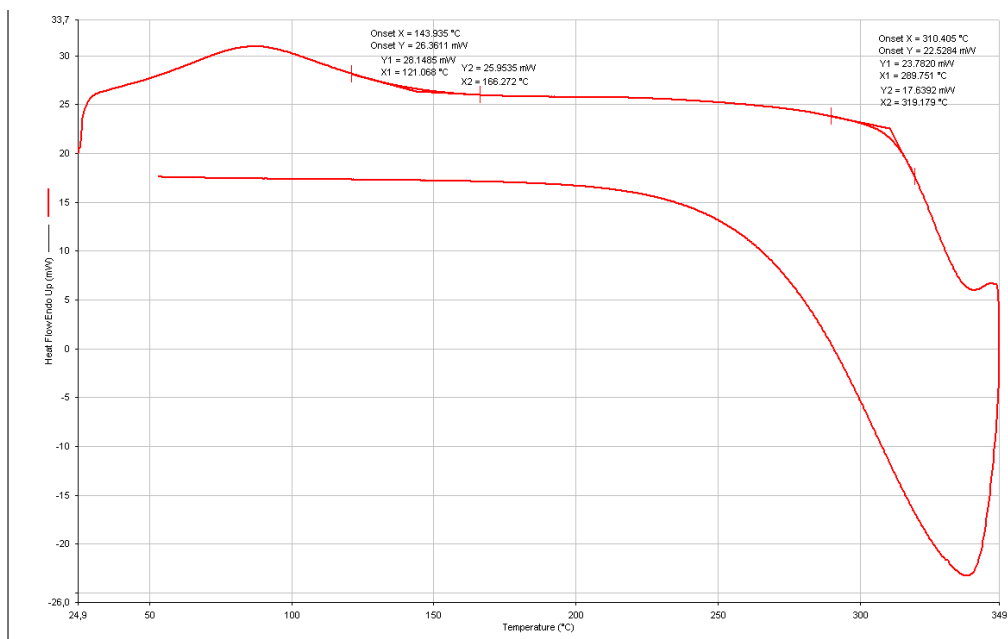
Celý program trval 60 minut.

7.8.2 Výsledky měření

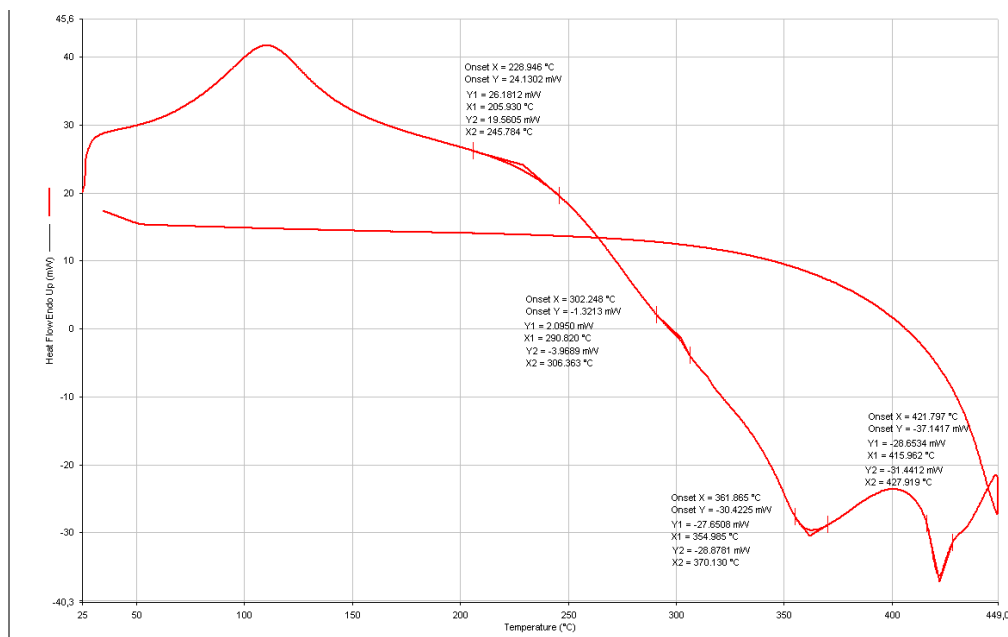
Metodou diferenční skenovací kalorimetrie bylo ověřeno, že se bavlna netaví, ale dojde k jejímu rozkladu přibližně kolem 330°C. Z křivky DSC na obr. 46 je vidět, že se nejdříve vypařuje voda, která je obsažena ve vlákně. Při dalším zahřívání dochází vlivem teploty ke změnám ve struktuře, které se projeví formou peaku na křivce. Při měření to byly teploty kolem 142°C a 311°C.

Bohužel z této metody nelze přesněji určit, o jaké změny se jedná. Kolem 330°C nastává degradace bavlněného vlákna.

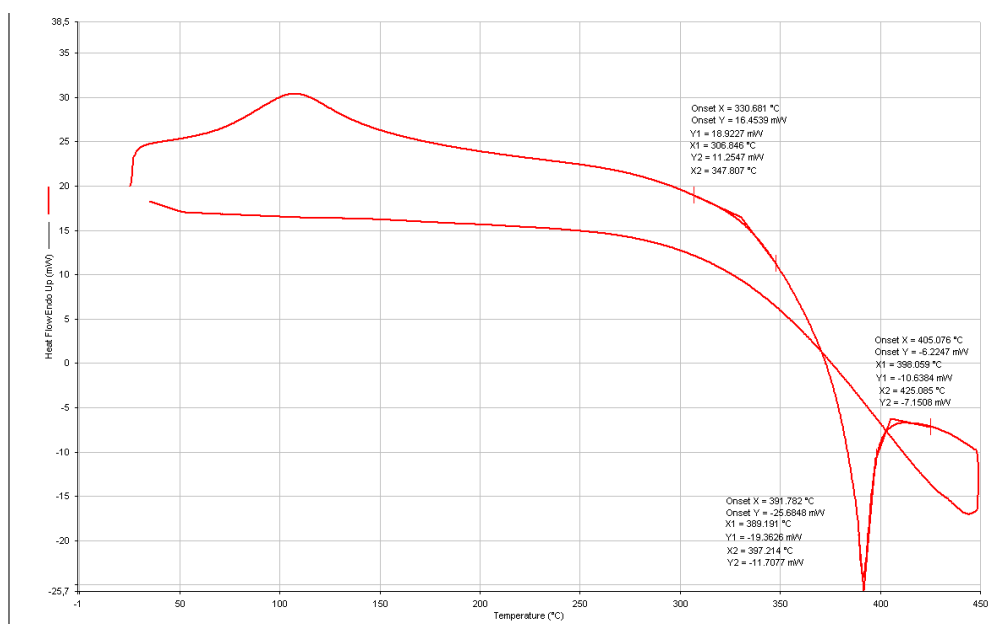
Na obr. 47 je křivka Ostanthrenového rubínu R. Peak na křivce znázorňuje změny, kterým barvivo podléhá při teplotách okolo 221°C, 304°C, 362°C a 422°C. Ostanthrenový rubín R a Ostanthrenová zeleň FFB se rozkládají přibližně na stejných teplotách jako bavlněná vlákna. Nejmenší změny vykazuje barvivo Ostanthrenová žluť GC a proto je nejstabilnější.



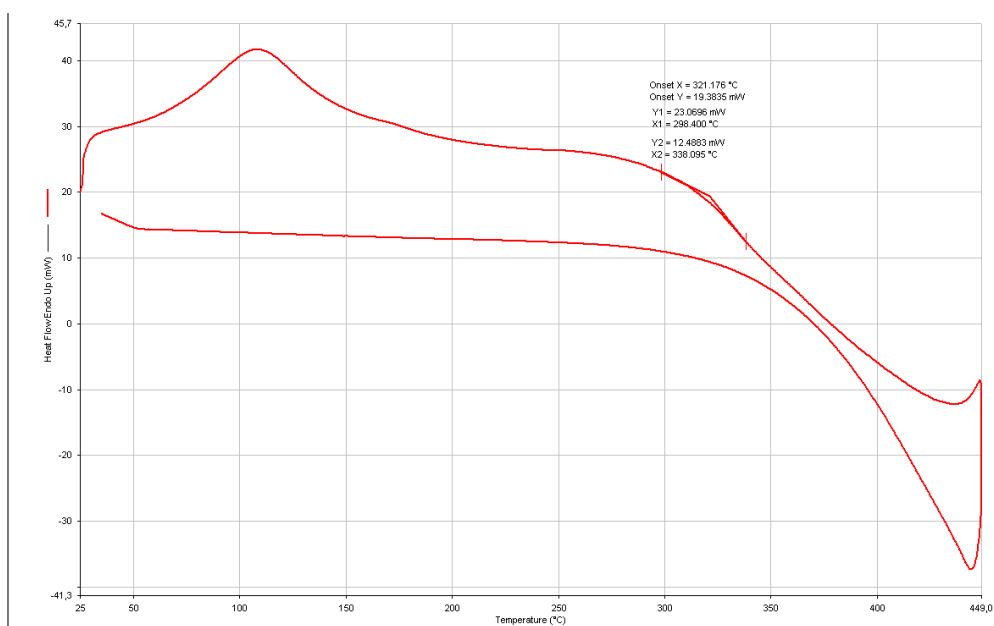
Obr. 46 - DSC křivka bavlny



Obr. 47 - DSC křivka Ostanthrenový rubín R



Obr. 48 - DSC křivka Ostanthrenová zeleň FFB



Obr. 49 - DSC křivka Ostanthrenová žluť GC

8 Závěr

Tato práce pojednává o Laserové technologii aplikované na bavlněnou tkaninu. Práce je rozdělena na 2 části a to na teoretickou a experimentální. V teoretické části jsou uvedeny základní informace o Laseru. Nejprve je popsán princip laseru, jeho rozdělení a v neposlední řadě také jeho využití v textilním průmyslu. V dalších kapitolách je pojednáno o bavlněném vlákne, jeho struktuře a chemickém složení. Na závěr této části jsou zmíněná kypová barviva, kterými je bavlněná tkanina obarvena.

Experimentální část se zabývala zkoumáním mechanických, chemických a termických vlastností neozařené bavlněné tkaniny vůči tkanině ozářené různými stupni intenzity laseru barevné i neobarvené. Ozářily se celkem dvě skupiny vzorků. Jedna skupina vzorků bavlny byla ozářena laserem, kde se měnil parametr „duty cycle“ (pracovní cyklus) a druhá skupina, kde se měnil parametr „mark speed“ (rychlost značení). Vysoká intenzita ozáření silně zbarví bavlněnou tkaninu do hněda.

Na Datascoloru byla naměřena remisní spektra vzorků obarvené i neobarvené bavlny ozářené laserem. Barevnost klesá se zvyšujícím se stupněm intenzity laserového záření, čímž dochází k poklesu hodnot K/S.

Při měření mechanických vlastností se prokázalo, že se zvyšujícím stupněm intenzity laserového ozařování klesá pevnost i tažnost bavlny. Totéž potvrdilo i měření chemických vlastností pomocí měďného čísla a PPS. Měďné číslo roste se vzrůstající intenzitou laserového ozáření. Výsledky polymeračního stupně vykazovaly hodnoty přesně opačné. Může to být způsobené chemickými reakcemi v celulóze vlivem velmi vysoké teploty při ozařování laserem.

Při sledování změn povrchu bavlněných vláken po ozařování laserem bylo použito rastrovacího elektronového mikroskopu.

Dále probíhala termická analýza. K tomuto měření byl použit přístroj DSC. DSC prokázalo, že se bavlna netaví, ale dochází k její degradaci.

V rámci práce bylo prokázáno, že nízké intenzity laserového záření jsou schopné textilií odbarvit, ale poškození bavlněných vláken je za těchto podmínek jen velmi mírné.

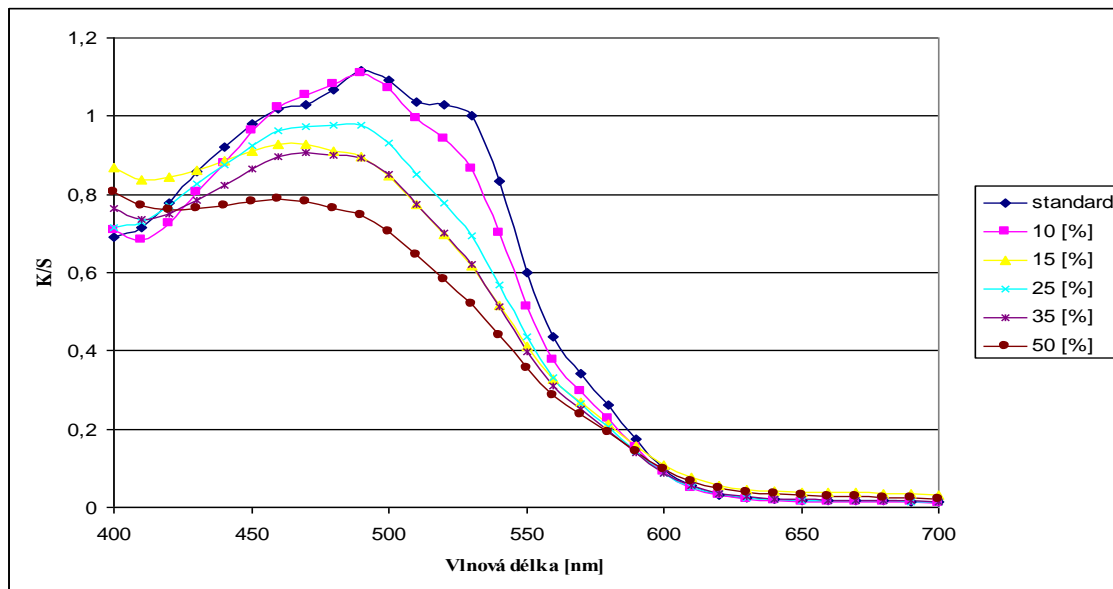
9 Seznam použité literatury

- [1] Wikipedie, laser [online] [cit.27.3.2009].URL:
<<http://www.wikipedia.org/wiki/Laser>>
- [2] Průmyslové lasery a jejich aplikace [online]. [cit.3.4.2009]. URL:
<<http://www.airproduct.cz>>
- [3] Princip laseru, [online] [cit.27.3.2009].URL: <<http://www.pf.jcu.cz>>
- [4] Vrbová, M., Jelínková, H., Gavrilov, P.: Úvod do laserové techniky. 1. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1994, s. 91 - 162
- [5] Principy laserů a jejich rozdělení, [online] [cit.21.9.2009].URL:
<<http://www.printing.cz>>
- [6] Průmyslová aplikace laserových systémů [online] [cit.27.3.2009].URL:
< www.plslaser.cz>
- [7] Encyklopedie laserů [online] [cit.27.3.2009].URL:
<http://www.rp-photonics.com//yag_lasers.html>
- [8] Medicon, vláknové lasery [online] [cit.27.3.2009].URL:
<<http://www.medicom.cz>>
- [9] Profesionální průmyslové značení, CEMARK [online] [cit.27.3.2009].URL:
<<http://www.cemark.cz>>
- [10] MM Průmyslové spektrum [online]. [cit.3.4.2009]. URL:
<<http://www.mmspektrum.com.cz>>
- [11] Sodomka, L.: Struktura, vlastnosti, diagnostika a nové technologie oddělování, spojování a pojení textilií, TU Liberec, 2002
- [12] Společnost Bernina [online]. [cit.3.4.2009]. URL: <<http://www.bernina.cz>>
- [13] Hloch, Sodomka, Valíček, Radvanská : Struktura, vlastnosti, diagnostika a technologie textilií, TU Liberec, 2006
- [14] Reklamní značení, [online]. [cit.3.4.2009]. URL:
<<http://www.svettisku.cz/buxus/genera>>
- [15] Laserové značení, [online]. [cit.3.4.2009]. URL: < <http://www.lt.cz>>
- [16] Ozguney A. The comparison of laser surface designing and pigment printing methods for the product quality. Optics & Laser Technology, 2007; 39, pp 1054 - 8]

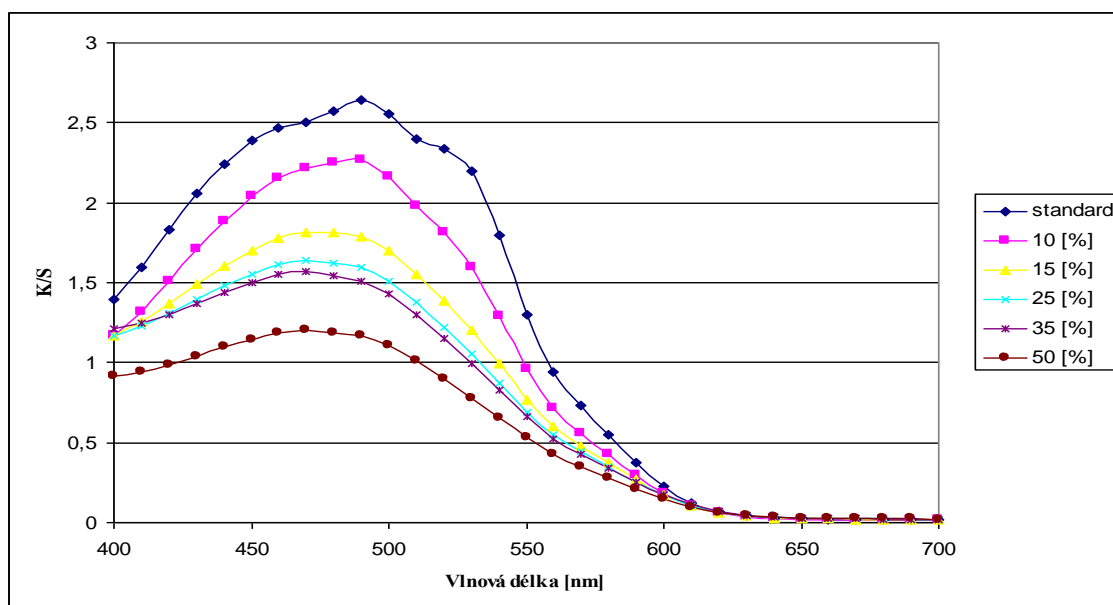
- [17] Card A, Moore M N, Ankeny M. Garment washed jeans: impact of launderings on physical properties. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 2006; 18 - 1, pp 43 - 52
- [18] Ortiz - Morales M, Poterasu M, Acosta - Ortiz S E, Compean I, Hernandez - Alvarado Ma R, A comparison between characteristics of various laser - based denim fading processes. *Optics & Lasers in Engineering*, 2003; 39, pp 15-24
- [19] Dascalu T, Acosta - Ortiz S E, Ortiz - Morales M, Compean I. Removal of indigo color by laser beam - denim interaction. *Optics & Lasers in Engineering*, 2000; 34, pp 179-89
- [20] Ozguney, A. T., Ozcelik, G., Ozkaya, K., *Optics & Laser Technology*, manuscript number: JOLT - D - 07 - 00184
- [21] Wiener, J., Průšová, M., Kryštůfek, J.: *Chemicko – textilní rozbor*, TU v Liberci, 2008
- [22] Bavlna [online]. [cit.14.4.2009]. URL: <[http:// www.antpetr.cz](http://www.antpetr.cz) >
- [23] Militký, J.: *Textilní vlákna*, TU v Liberci, 2002
- [24] Graliński, M.: *Chemicko - textilní rozbor*, SNTL Praha 1967
- [25] Kryštůfek, J., Wiener, J.: *Barvení textilií 1*, TU v Liberci, 2008
- [26] Marcatex 150/250 flexi Laser system, Instruction manual
- [27] Firma Datacolor [online]. [cit.21.9.2009]. URL: <<http://www.datacolor.com>>
- [28] Přístroj TiraTest2300 [online]. [cit.21.9.2009]. URL: <<http://www.ksp.tul.cz>>
- [29] Firma Merci [online]. [cit.21.9.2009]. URL: <[http:// www.merci.cz](http://www.merci.cz) >
- [30] DIN 54 270, Deutesches Institut fur Normung, Berlin, 1977
- [31] Rastrovací elektronový mikroskop [online]. [cit.21.9.2009]. URL: <<http://barrande.nm.cz/> rastr. Elektron mikroskop>
- [32] Společnost ArtisanScientific [online]. [cit.20.12.2009]. URL: <<http://www.artisan-scientific.com>>

10 Přílohy

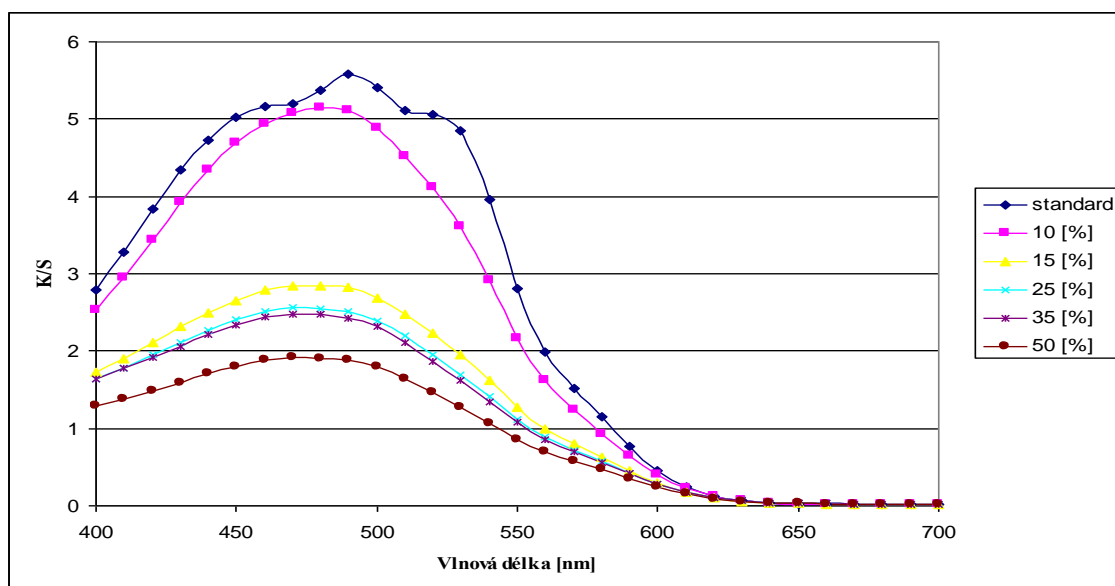
Příloha A - Grafy z datacoloru bavněného vlákna



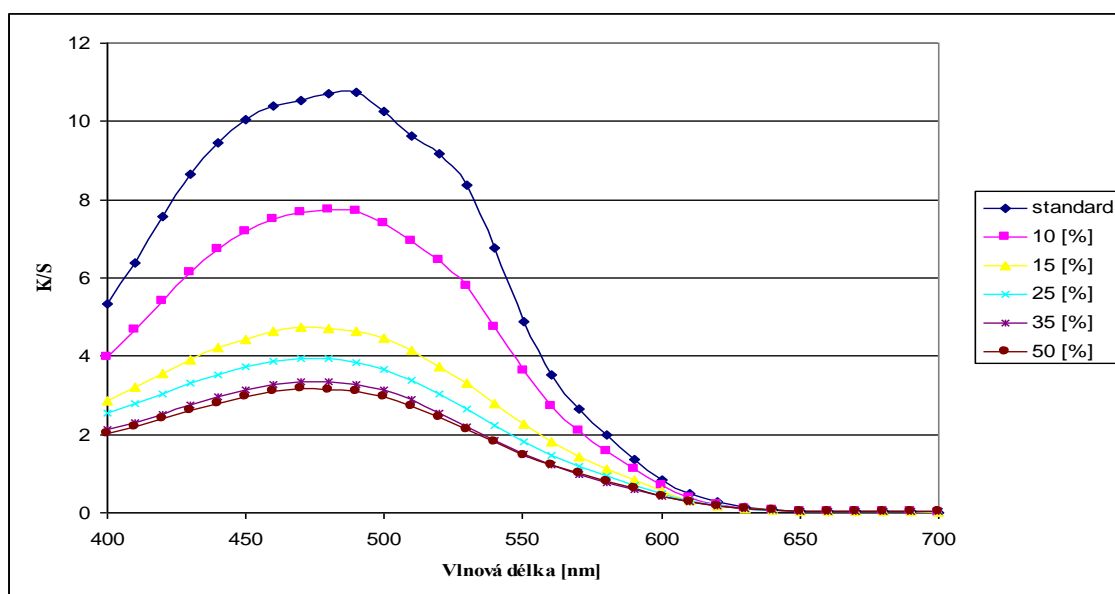
**Graf 1 - Změna barevnosti po aplikaci laserového záření
(Ostanthrenový rubín R, 0,2%)**



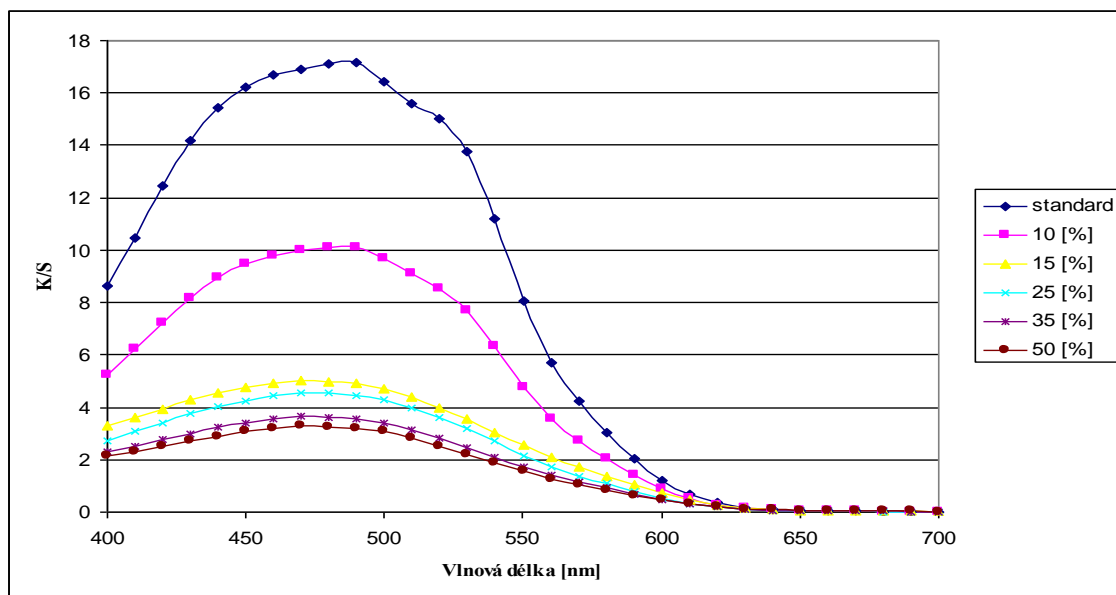
**Graf 2 - Změna barevnosti po aplikaci laserového záření
(Ostanthrenový rubín R, 0,5%)**



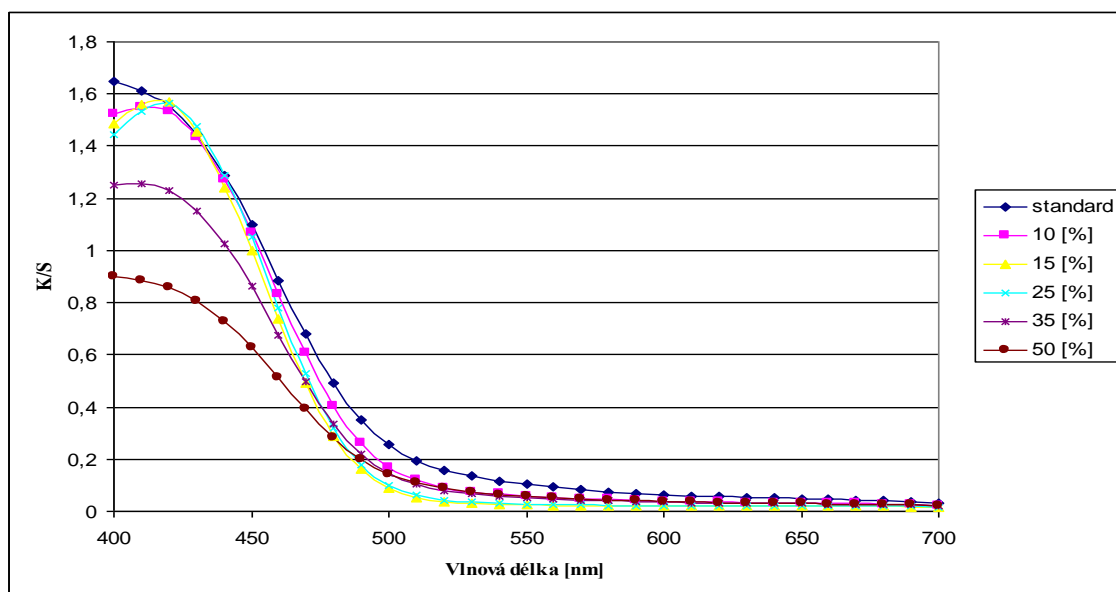
**Graf 3 - Změna barevnosti po aplikaci laserového záření
(Ostanthrenový rubín R, 1%)**



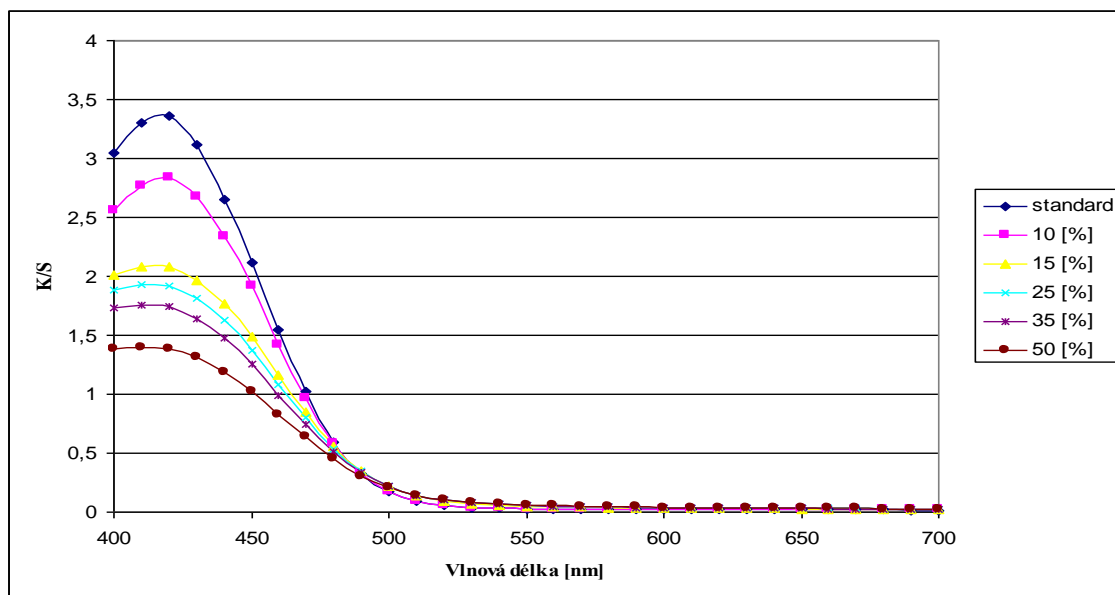
**Graf 4 - Změna barevnosti po aplikaci laserového záření
(Ostanthrenový rubín R, 1,5%)**



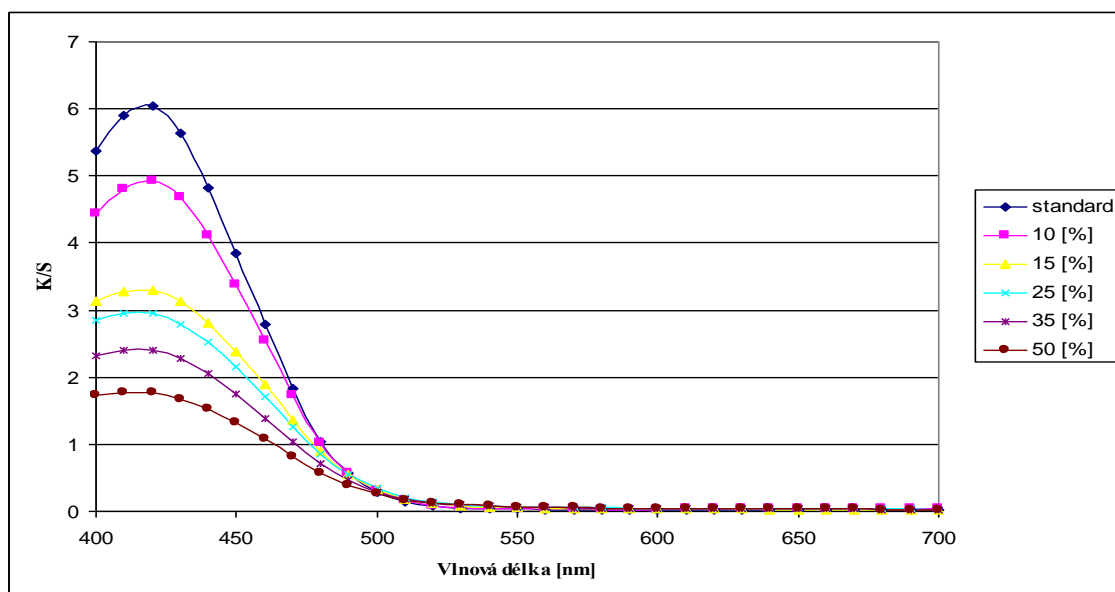
**Graf 5 - Změna barevnosti po aplikaci laserového záření
(Ostanthrenový rubín R, 3%)**



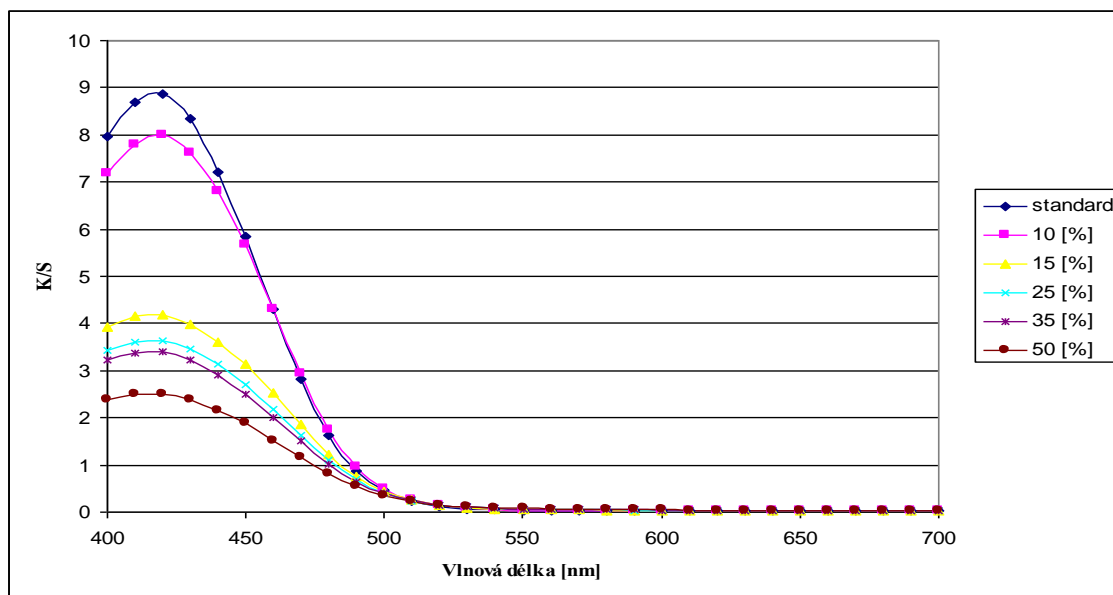
**Graf 6 - Změna barevnosti po aplikaci laserového záření
(Ostanthrenová žluť GC, 0,2%)**



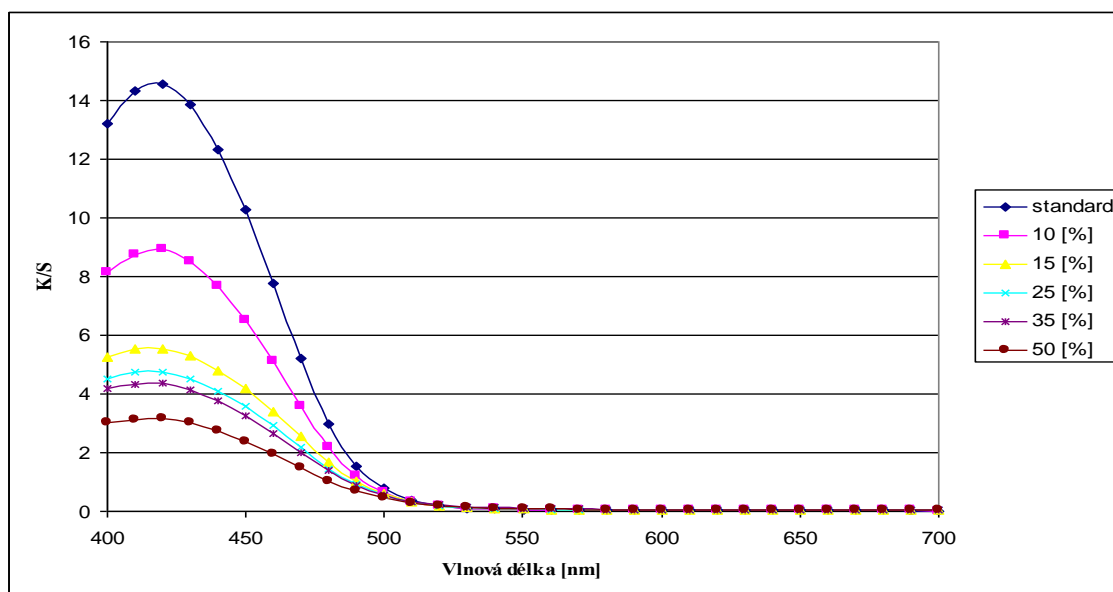
**Graf 7 - Změna barevnosti po aplikaci laserového záření
(Ostanthrenová žlut' GC, 0,5%)**



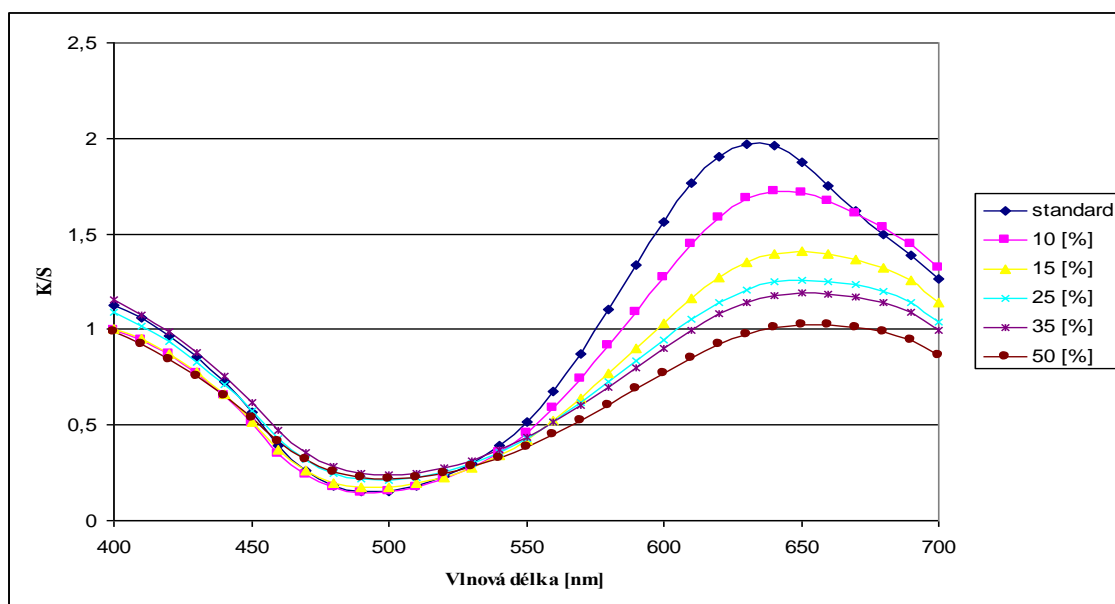
**Graf 8 - Změna barevnosti po aplikaci laserového záření
(Ostanthrenová žlut' GC, 1%)**



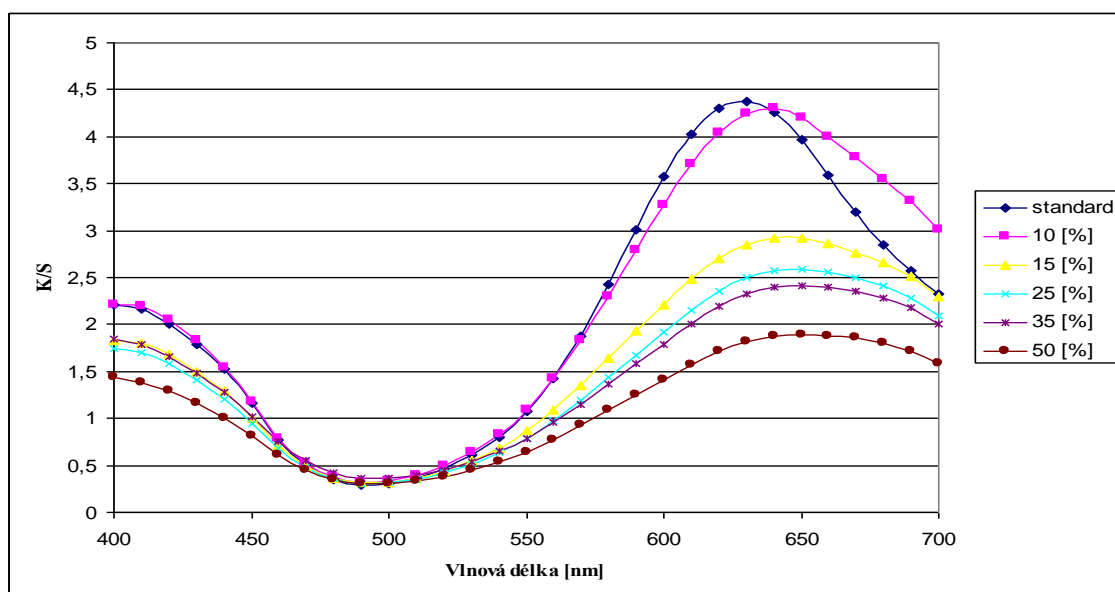
**Graf 9 - Změna barevnosti po aplikaci laserového záření
(Ostanthrenová žlut' GC, 1,5%)**



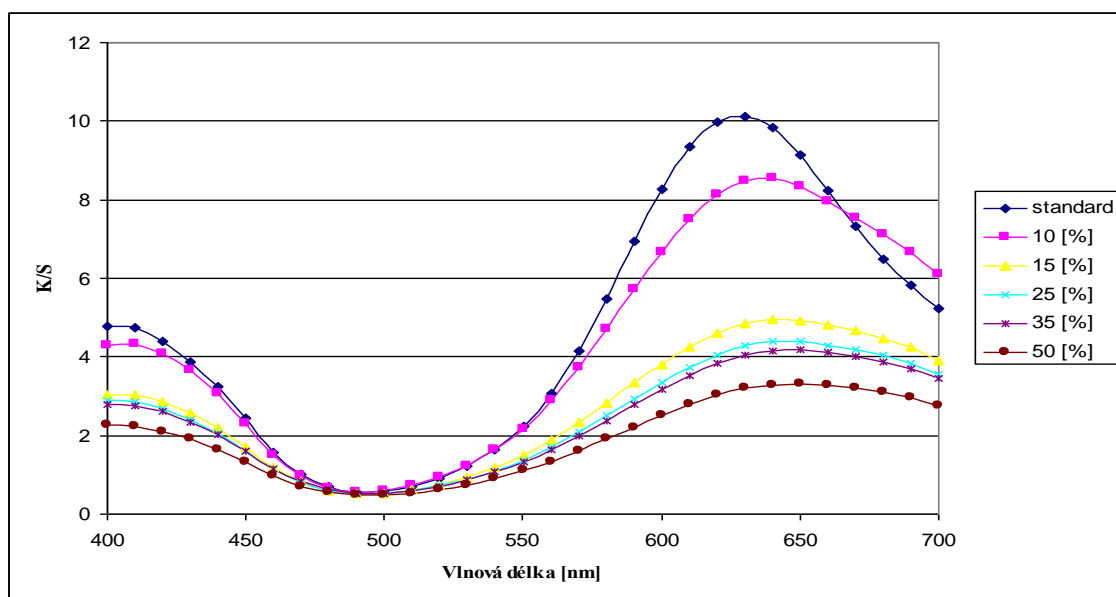
**Graf 10 - Změna barevnosti po aplikaci laserového záření
(Ostanthrenová žlut' GC, 3%)**



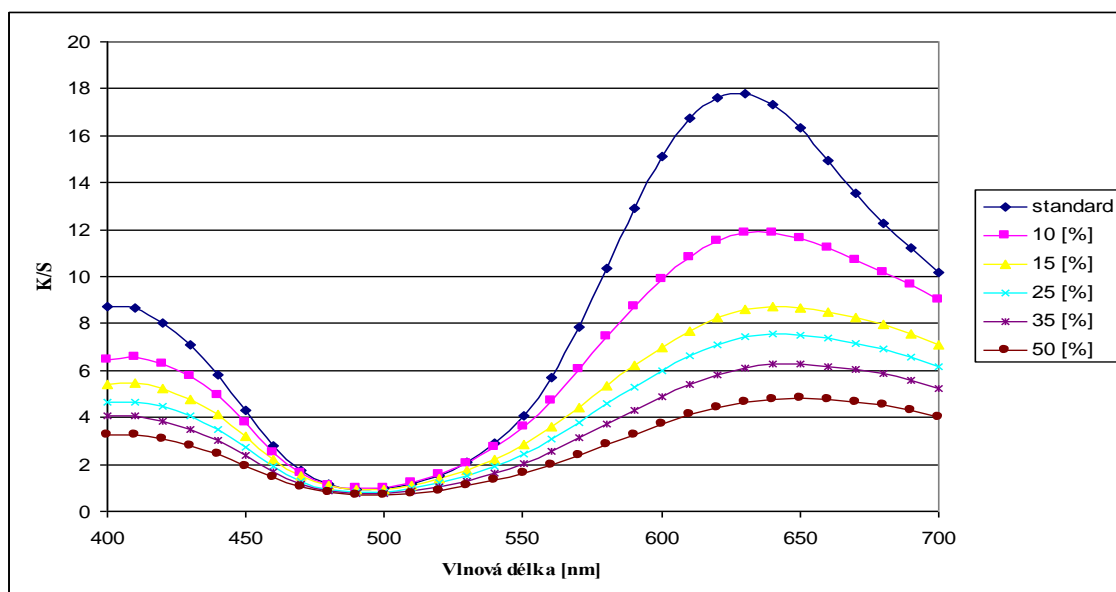
**Graf 11 - Změna barevnosti po aplikaci laserového záření
(Ostanthrenová zeleň FFB, 0,2%)**



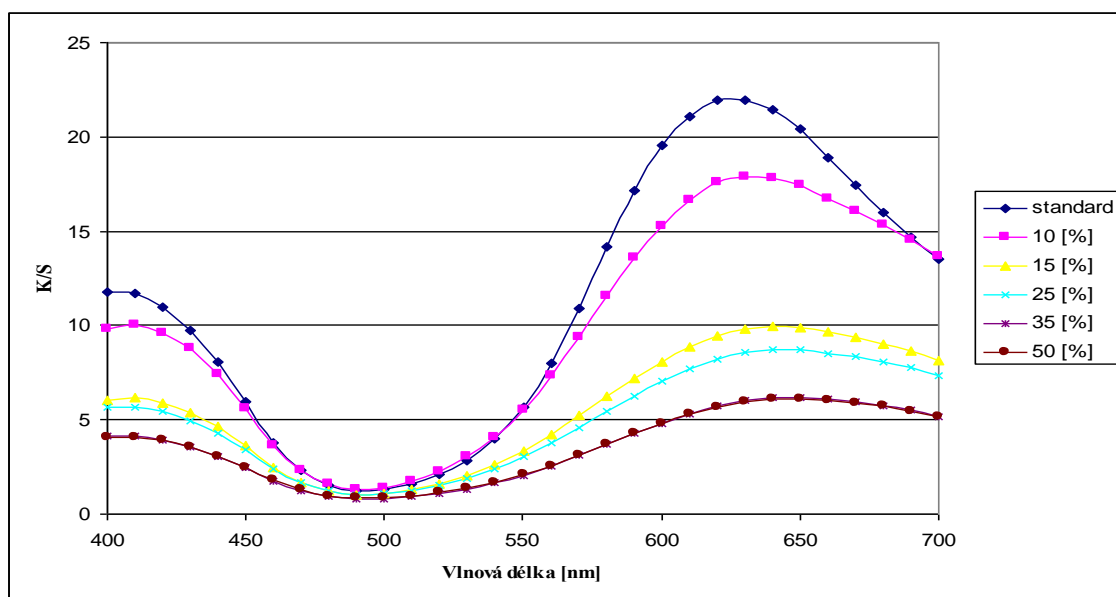
**Graf 12 - Změna barevnosti po aplikaci laserového záření
(Ostanthrenová zeleň FFB, 0,5%)**



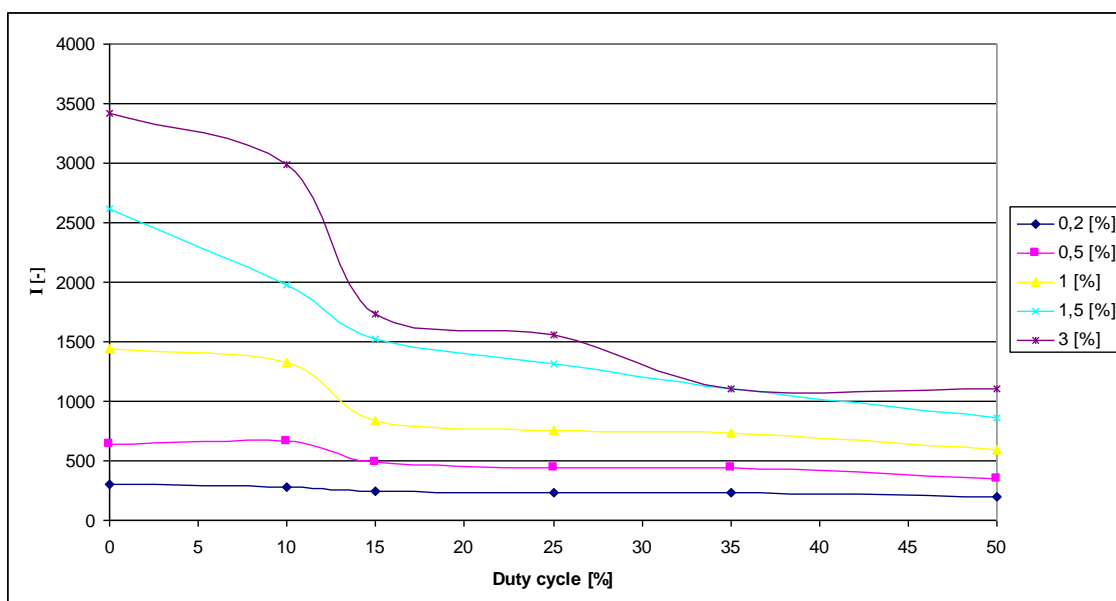
**Graf 13 - Změna barevnosti po aplikaci laserového záření
(Ostanthrenová zeleň FFB, 1%)**



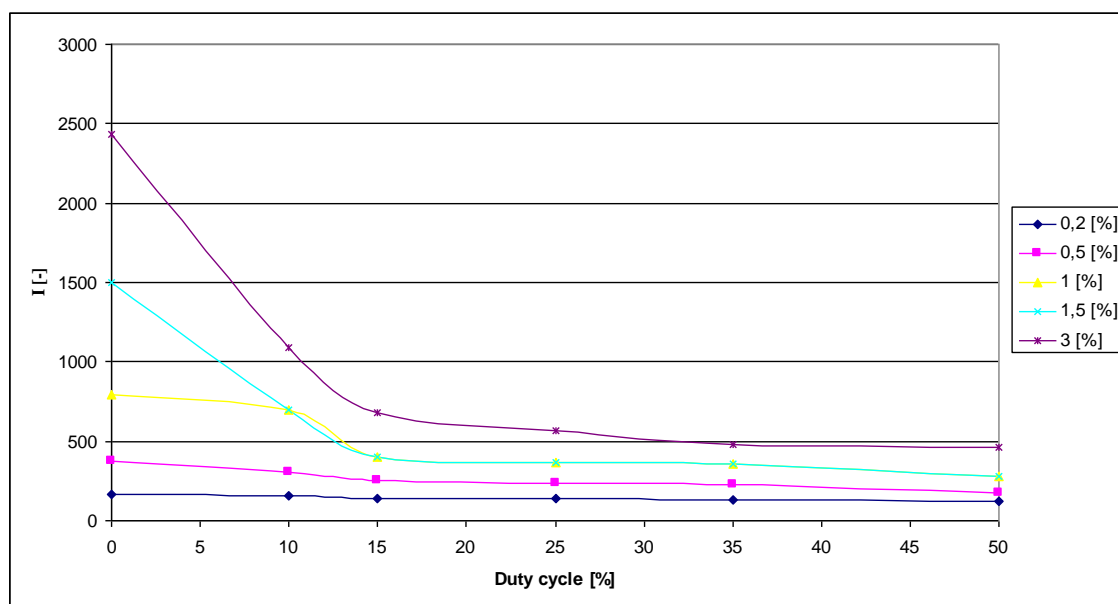
**Graf 14 - Změna barevnosti po aplikaci laserového záření
(Ostanthrenová zeleň FFB, 1,5%)**



**Graf 15 - Změna barevnosti po aplikaci laserového záření
(Ostanthrenová zeleň FFB, 3%)**



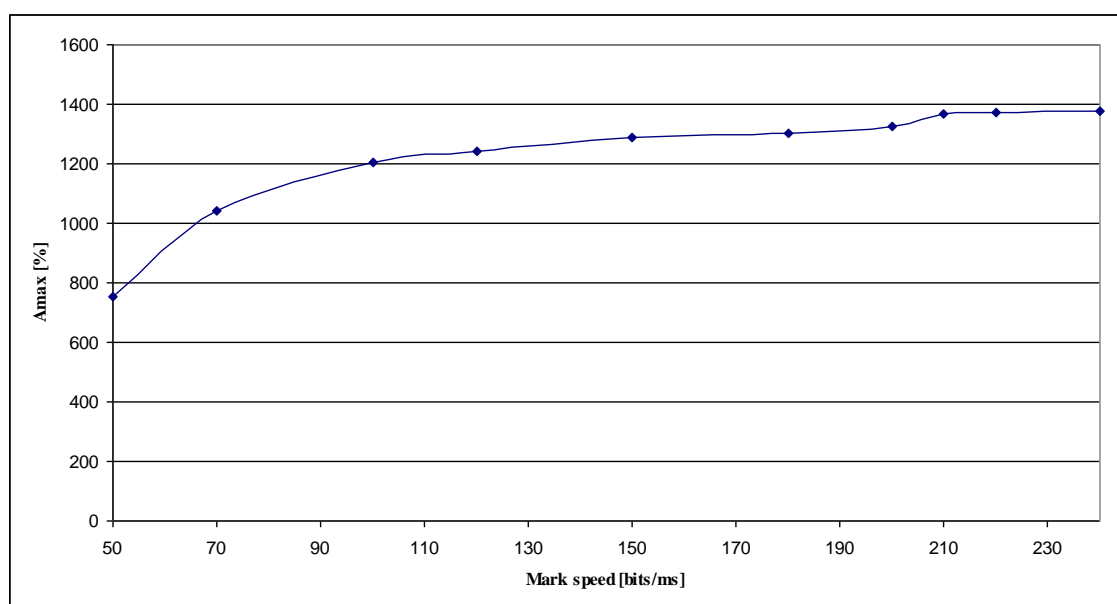
Graf 16 - Změna intenzity vybarvení (Ostanthrenová zeleň FFB)

**Graf 17 - Změna intenzity vybarvení (Ostanthrenový rubín R)**

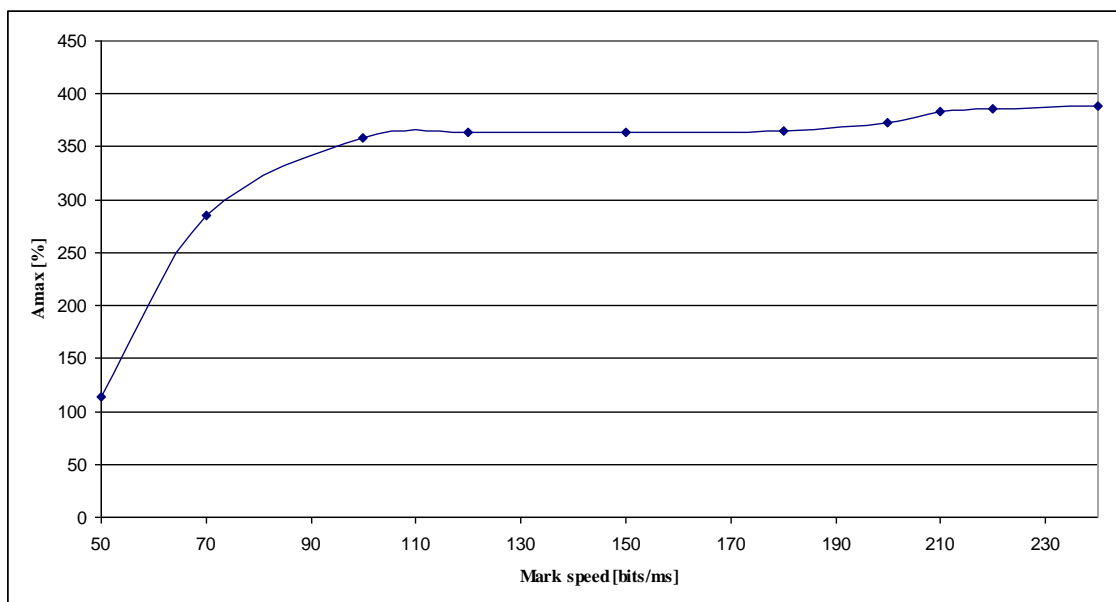
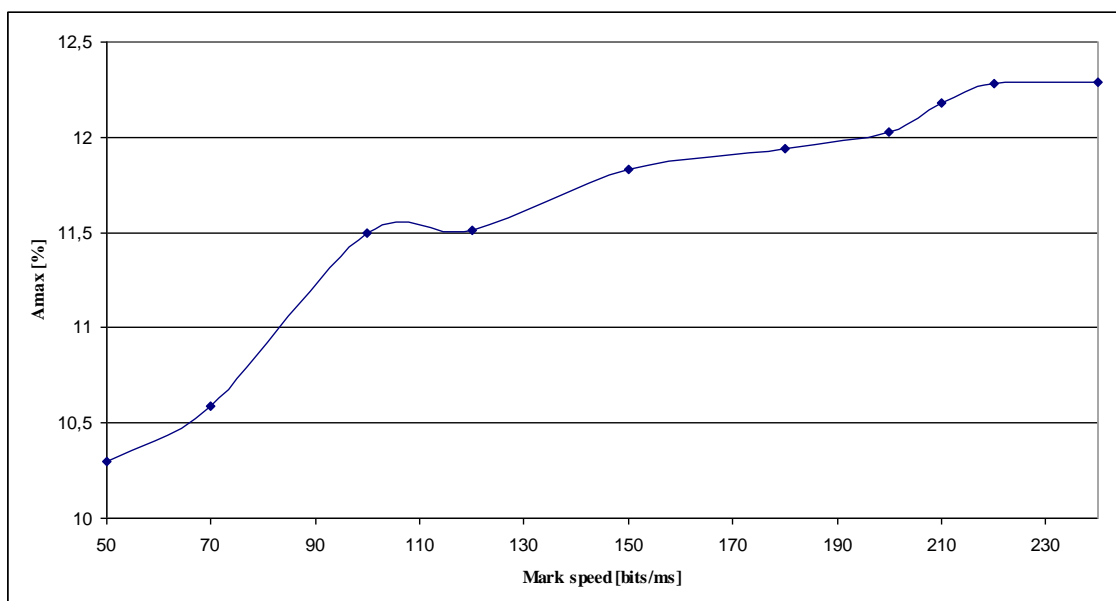
Příloha B - Tabulka a grafy z trhacího přístroje bavlněné tkaniny

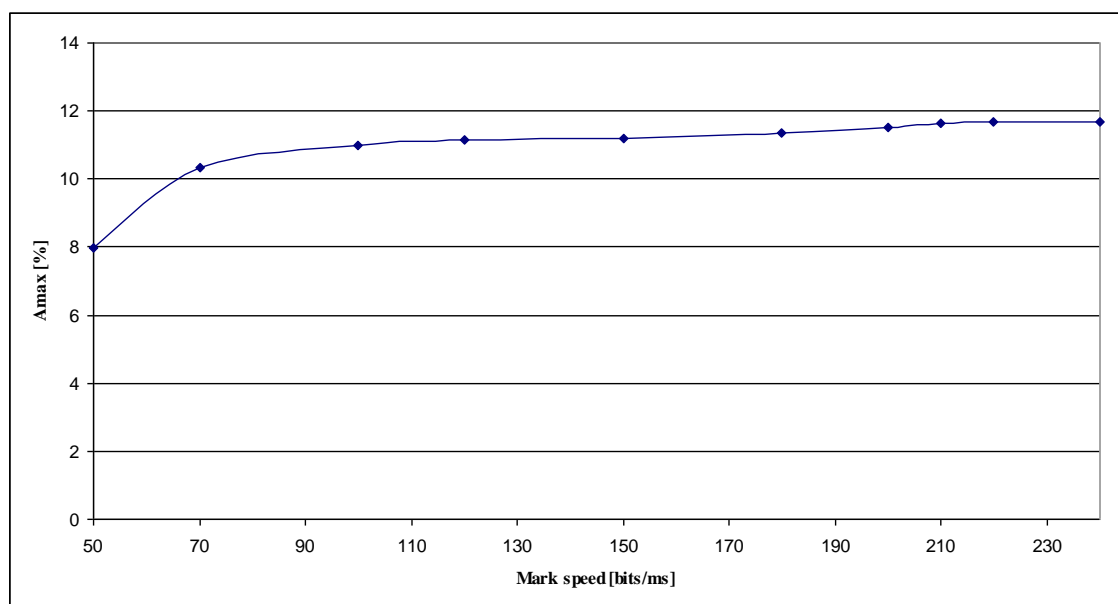
Vzorek	Mark speed [bits/ms]	Duty cycle [%]	Pevnost F_{\max} [N]		Tažnost A_{\max} [%]	
			osnova	útek	osnova	útek
0	0	0	1382,69	383,2	12,79	12,05
1	240	20	1373,31	372,48	11,94	11,69
2	220	20	1366,91	385,94	12,29	11,65
3	210	20	1377,86	383,88	11,83	11,67
4	200	20	1302,37	364,09	11,51	11,14
5	180	20	1326,96	364,35	12,18	10,98
6	150	20	1290,2	388,94	12,03	11,52
7	120	20	1243,33	364,09	11,5	11,35
8	100	20	1206,77	357,81	12,28	11,21
9	70	20	1039,93	284,55	10,59	10,33
10	50	20	751,2	113,23	10,3	7,97

Tab. 1 - Pevnost a tažnost nebarvené bavlněné tkaniny se změnou parametru „mark speed“



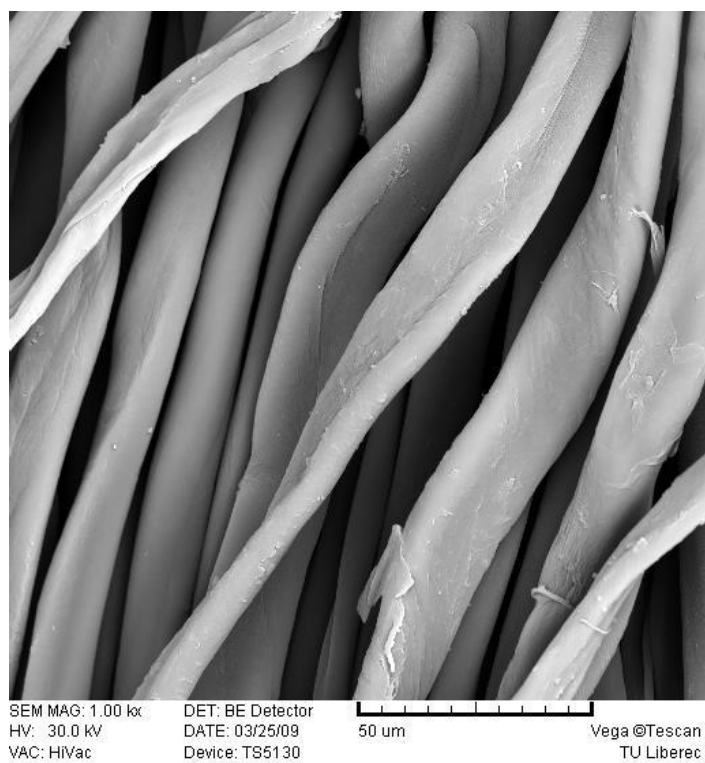
Graf 1 - Pevnost tkaniny ve směru osnovy (mark speed)

**Graf 2 - Pevnost tkaniny ve směru útku (mark speed)****Graf 3 - Tažnost tkaniny ve směru osnovy (mark speed)**

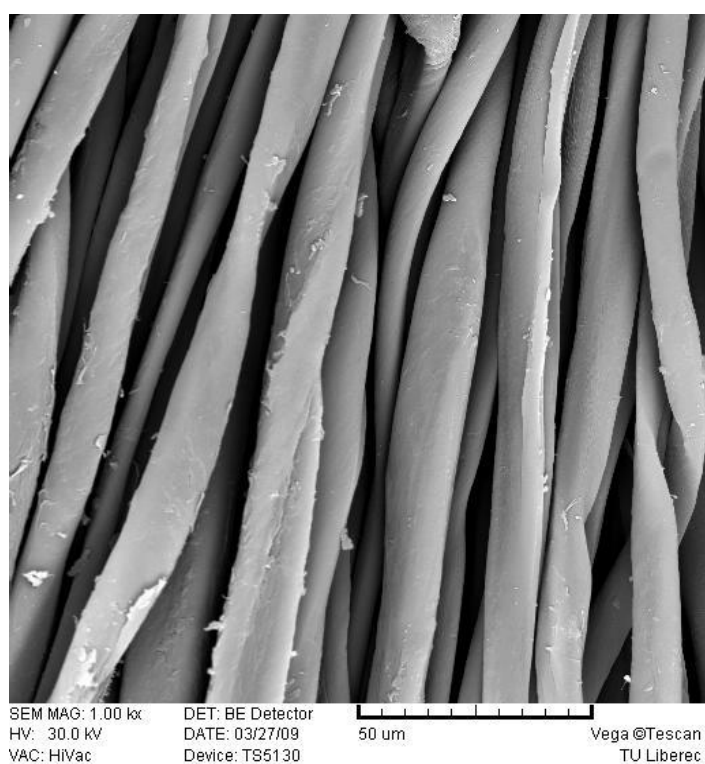


Graf 4 - Tažnost tkaniny ve směru útku (mark speed)

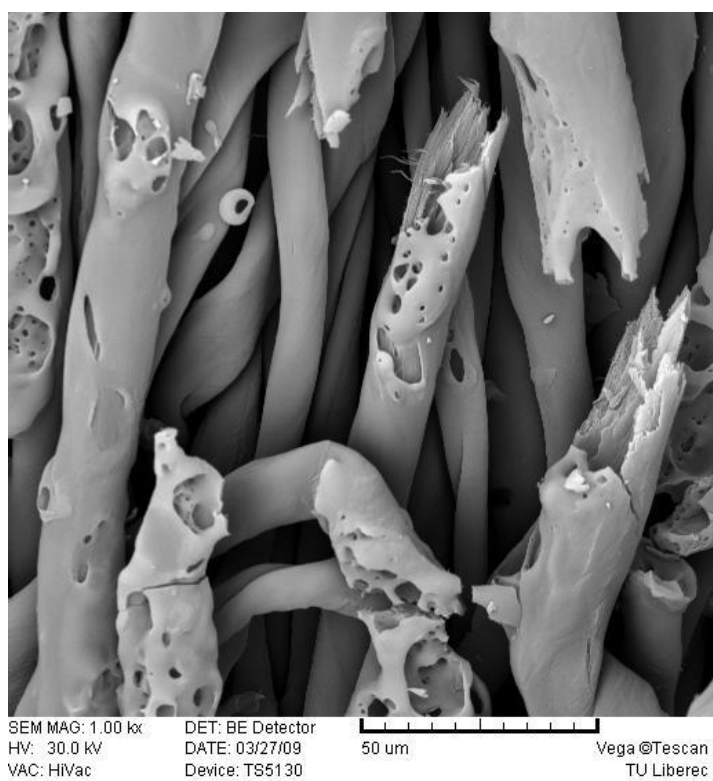
Příloha C - Snímky z REM bavlněného vlákna



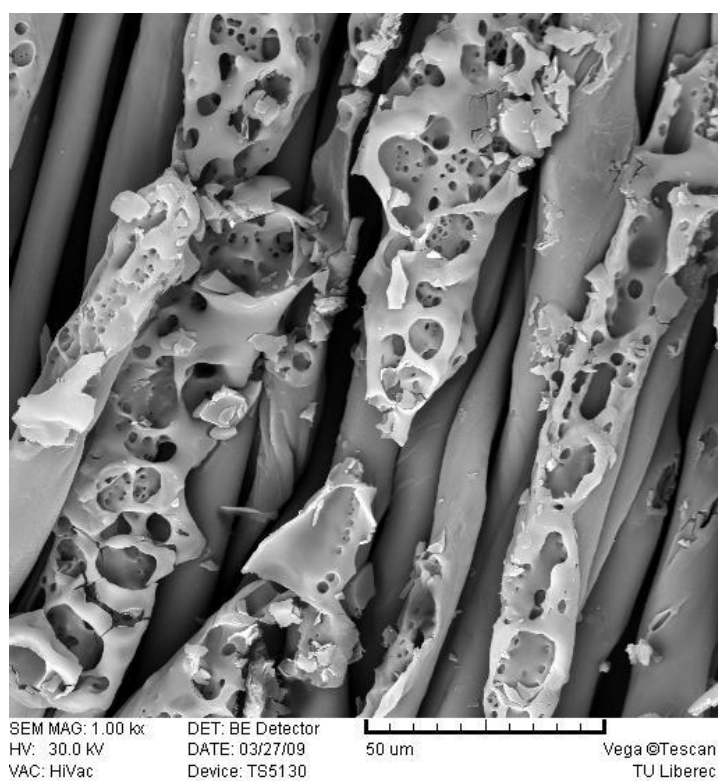
Obr. 1 - Nepoškozená bavlněná vlákna



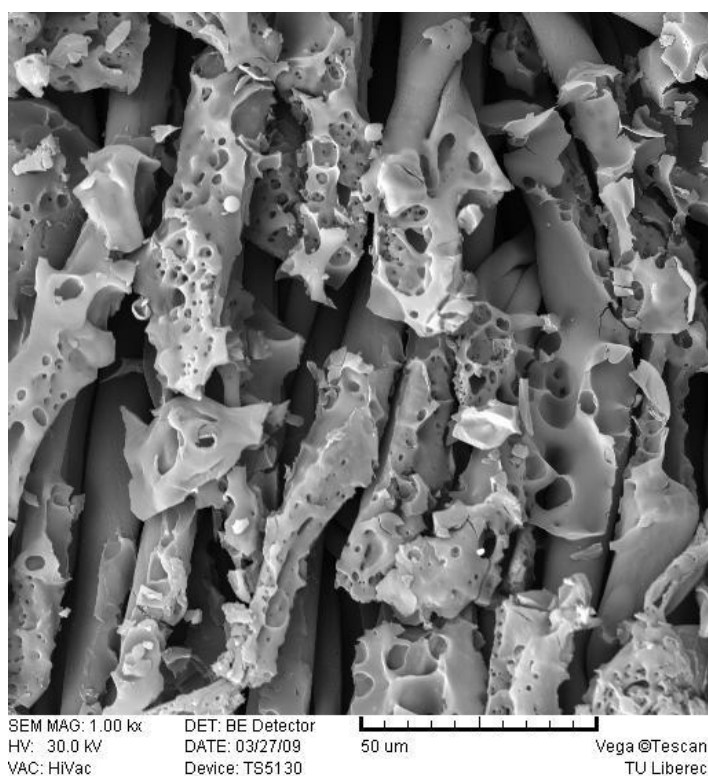
Obr. 2 - Bavlněná vlákna ozářená intenzitou 10 %



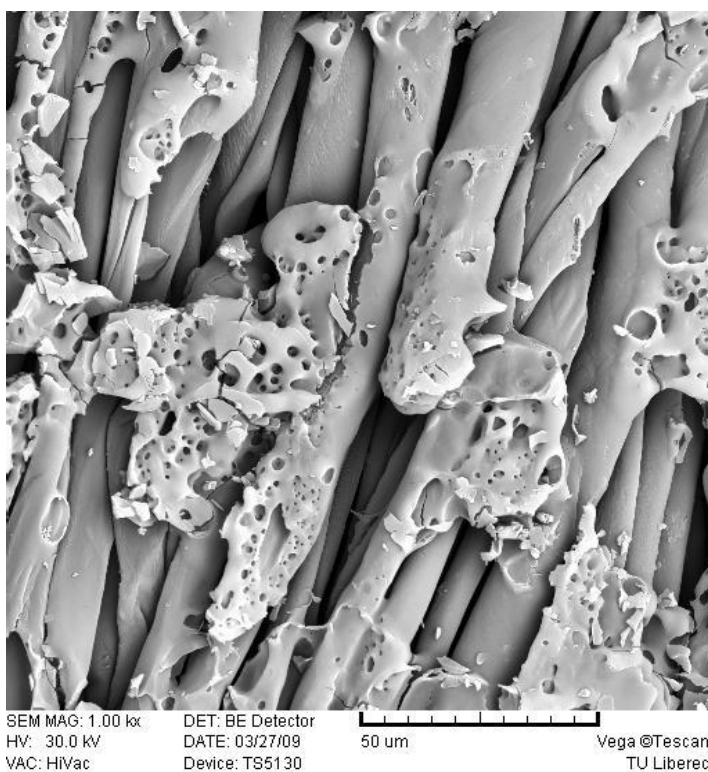
Obr. 3 - Bavlněná vlákna ozářená intenzitou 15 %



Obr. 4 - Bavlněná vlákna ozářená intenzitou 25 %



Obr. 5 - Bavlněná vlákna ozářená intenzitou 35 %



Obr. 6 - Bavlněná vlákna ozářená intenzitou 50 %

Seznam použitých symbolů a zkratek

l	[nm, μm]	délka
P	[mW, kW]	výkon
m	[g, mg]	hmotnost
V	[l, ml]	objem
t	[°C]	teplota
ρ_s	[g.m ⁻²]	plošná hmotnost
f	[Hz, kHz]	frekvence
t	[s, ms, ns]	čas
\check{c}_{Cu}	[-]	měďné číslo

CO ₂ laser	plynový laser
Nd:YAG laser	typ pevnolátkového laseru
CD-ROM	Compact Disc Read-Only Memory (anglická zkratka)
UV	ultrafialové záření
IR	infračervené záření
NIR	blízké infračervené záření
ČSN	Česká státní norma
DIN	Deutsche Industrie Norm (Německá průmyslová norma)
DSC	diferenční skenovací kalorimetrie
PPS	průměrný polymerační stupeň
pH	kyselost
PP	polypropylen
PE	polyethylen
Obr.	obrázek
Tab.	tabulka
tj.	to je
aj.	a jiné
tzv.	tak zvaný
např.	například
apod.	a podobně
atd.	a tak dále

